

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑨7 EP 0 575 939 B 1

⑩ DE 693 26 286 T 2

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 02 D 19/02
F 02 D 45/00
F 02 D 41/06

②1 Deutsches Aktenzeichen: 693 26 286.9
⑨8 Europäisches Aktenzeichen: 93 109 883.4
⑨6 Europäischer Anmeldetag: 21. 6. 1993
⑨7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 29. 12. 1993
⑨7 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 8. 9. 1999
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 5. 1. 2000

③0 Unionspriorität:

903616	24. 06. 1992	US
34493692	24. 12. 1992	JP
34493792	24. 12. 1992	JP
34493892	24. 12. 1992	JP
34494092	24. 12. 1992	JP

⑦3 Patentinhaber:

Yamaha Hatsudoki K.K., Iwata, Shizuoka, JP

⑦4 Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, SE

⑦2 Erfinder:

Kurihara, Noriyuki, Hamamatsu-shi,
Shizuoka-ken, JP; Matsumoto, Hiromitsu,
Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, JP; Iida,
Yoshikatsu, Kakegawa-shi, Shizuoka-ken, JP

⑤4 Brennkraftmaschine und Verfahren zum Betrieb der Brennkraftmaschine

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 26 286 T 2

DE 693 26 286 T 2

93 109 883.4

YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKA KAISHA

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet von Brennkraftmaschinen die, zumindest zeitweise, mit gasförmigem Kraftstoff versorgt werden.

Genauer gesagt bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Maschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Brennkraftmaschine, die die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 9 aufweist.

Das Streben zur Entwicklung von Brennkraftmaschinen, die mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden können und dennoch nicht nur natürliche Ressourcen bewahren, sondern auch die Ökonomie und Umgebung gegen Verschmutzung schützen, ist ausreichend bekannt.

Um zukünftige Luftreinheitserfordernisse zu erfüllen, muß sich die Kraftfahrzeugindustrie auf die Herstellung von Fahrzeugen einstellen, die keine oder ultraniedrige Emissionseigenschaften mit drastisch reduzierten Kohlenwasserstoffemissionen ebenso wie reduzierten Kohlenmonoxid- und Stickoxidemissionen besitzen. Eine Art und Weise, um diese Ziele zu erreichen, ist diejenige, Brennkraftmaschinen entweder vollständig oder zumindest temporär mit einem gasförmigen Kraftstoff zu betreiben, der unter einem regulierten Vakuum oder einem Druck, wie beispielsweise komprimierten Gases (einschließlich natürlicher Gase) oder verflüssigten Petroleums, bevorratet ist. Nachfolgend werden solche Maschinen bzw. Maschinen als mit verflüssigtem Petroleum betriebene Gasmotoren oder "LPG" Maschinen bzw. Motoren bezeichnet. Verflüssigtes Petroleumgas (LPG) oder komprimiertes Gas, wie beispielsweise gasförmiger Kraftstoff, zum Antreiben von Brennkraftmaschinen, ist eine der sich vorschlagenden Alternativen für die Verwendung von Benzin, wenn sie in einem gasförmigen Zustand für die mit Zündkerze gezündete Brennkraftmaschine verwendet wird. Normalerweise wird eine Mischung aus Butan und Propan als verflüssigtes Petroleumgas verwendet. Da solche gasförmigen Kraftstoffe dazu tendieren, sauberer als flüssige Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise Gasolin bzw. Benzin, zu sein, ergibt sich eine verlängerte Motorlebensdauer ebenso wie erhöhte Intervalle

zwischen Kundendienstbesuchen, insbesondere Ölwechselintervallen, da keine Verdünnung des Öls auftritt. Zusätzlich geben diese Kraftstoffe Anlaß zu der Möglichkeit einer verbesserten Emissionskontrolle aus einer Anzahl von Gründen. Demzufolge wird die Kohlendioxidabgasemission um 11% verglichen mit Benzin für denselben spezifischen Wärmewert aufgrund des hohen Heizwerts, der aus dem H/C-Verhältnis von Butan und/oder Propan resultiert, reduziert. Eine bessere Kraftstoffökonomie aufgrund einer höheren Antiklopffqualität und besserer Verbrennungseigenschaften könnte mit solchen Kraftstoffen erhalten werden. Weiterhin wird kein Blei, Schwefeldioxid oder Ruß durch LPG-Maschinen produziert. Aufgrund des geschlossenen Kraftstoffsystems findet keine Verdampfung des Kraftstoffs oder eine Kondensation eines Kraftstoff-Films auf dem Einlaßverteiler statt, gerade unter Kaltstartzuständen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Eigenschaften eines solchen verdampften, gasförmigen Kraftstoffs im Vergleich zu flüssigem Gasolin ist eine Dosierung und Regulierung einer Kraftstoffzufuhr, um akkurat ein erwünschtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu erfüllen, komplizierter. Verdampfter, gasförmiger Kraftstoff von einer LPG-Quelle besitzt ein größeres Volumen pro Einheitswärmewert als flüssiges Gasolin (ungefähr 330 mal mehr) und demzufolge ist normal ein sehr großes Kraftstoffsteuerventil erforderlich, wenn eine Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses für einen LPG-Motor eingerichtet werden soll. Ein solches Dosierkraftstoff-Steuerventil ist nicht kommerziell erhältlich, so daß, bis heute, kein erfolgreiches Kraftstoffeinspritzsystem zum Antreiben einer Brennkraftmaschine weit verbreitet auf dem Markt verwendet wird.

Weiterhin besteht LPG regulär aus Propan und Butan. So ist dabei eine breite Vielfalt von Mischverhältnissen vorhanden. Demzufolge muß eine LPG-Mischvorrichtung einen sehr breiten Steuerniveaubereich des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses der Ladung, die zu dem Verbrennungsbereich der Maschine zugeführt wird, haben. Zum Beispiel ist, um eine stöchiometrische Mischung für Propan zu erhalten, ein Verhältnis von 41,7:1000 (Luft) bezogen auf das Volumen erforderlich, während für Butan ein Verhältnis von 32,2:1000 (Luft) bezogen auf das Volumen notwendig ist. Demzufolge ist dabei eine Differenz von 30% vorhanden, was von dem Typ des verflüssigten Gases, das verwendet ist, resultiert.

Ein anderes Hindernis für eine breitere Verwendung von LPG für eine

Kraftstoffversorgung von Maschinen ist die Tatsache, daß es schwierig ist, zu verhindern, daß die Ansaugluft in einen Leelaufkreis über eine Dosierdüse hinein entweicht, wenn sich das auf Last ansprechende Drosselklappenventil in einem kleinen Öffnungszustand befindet, da dabei keine Flüssigkeitsoberfläche vorhanden ist, die normalerweise verhindert, daß Luft in einem herkömmlichen Motor mit Benzinleitung entweicht.

Demgemäß ist es notwendig, nach einer verbesserten Brennkraftmaschine zu suchen, speziell einem verbesserten Ansaugsystem, das ermöglicht, daß eine präzise Dosierung gerade von gasförmigem Kraftstoff in Abhängigkeit von Motorlauf- und Motorumgebungsbedingungen einstellbar ist. Weiterhin existiert ein ähnlicher Bedarf nach einem perfekten Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennkraftmaschine. Nebenbei gesagt wird innerhalb dieser Anmeldung der Ausdruck LPG-Motor bzw. -Maschine in einem breiten Sinne verstanden, das bedeutet die vorliegende Erfindung ist auf Maschinen, eine Ladung bildende Systeme oder ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die entweder permanent (unter allen Fahrbedingungen) oder nur temporär (zum Beispiel unter Startbedingungen) mit Kraftstoff mittels eines Gases, bevorratet unter reguliertem Vakuum oder Druck, wie beispielsweise komprimiertes Gas (einschließlich natürlichen Gases) oder verdampft von einem verflüssigten, unter Druck gesetztes Gas (verflüssigtes Petroleum), als eine Quelle von Kraftstoff zum Antreiben der Maschine, versorgt wird.

Zuvor ist vorgeschlagen worden, als eine Ladungsbildungseinrichtung für Brennkraftmaschinen, die gasförmige Kraftstoffe verwenden, einen allgemein herkömmlichen Typ eines Vergasers einzusetzen, der einen festgelegten Venturi-Abschnitt besitzt, in den hinein der Hauptkraftstoffkreis abgibt. Allerdings ist dabei ein spezifischer Nachteil in Verbindung mit einem solchen Typ eines Systems vorhanden. Herkömmlich wirkt der festgelegte Venturi-Abschnitt mit einem Kraftstoffabgabekreis zusammen, indem Dosierdüsen ermöglicht wird, die Menge an Kraftstoff und Luft, die in die Hauptkraftstoffabgabe abgelassen wird, zu dosieren. Allerdings wird die Menge einer Kraftstoffabgabe von der Luftströmung durch den Venturi-Abschnitt abhängen, und eine festgelegte Dosierdüse für sowohl Luft als auch Kraftstoff wird nicht die erwünschte Steuerung über das Luft/Kraftstoff-Verhältnis unter allen Umständen ergeben.

Obwohl das Einsetzen von gasförmigem Kraftstoff für Maschinen, die Vergaser des Luftventil-Typs, wie dies in der US-A-4,285,700, bereits angegeben ist, bekannt ist, sind diese Systeme nicht vollständig beim Steuern bzw. Kontrollieren oder Erzielen des erwünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses unter allen Motorlauf- und Motorumgebungsbedingungen erfolgreich gewesen. Insbesondere hatten im niedrigen Lastbereich, d.h. in dem Übergang von einem Leerlauf zu einem Außer-Leerlauf-Zustand, mit gasförmigem Kraftstoff versorgte Luftventil-Vergaser Schwierigkeiten beim Beibehalten des erwünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses.

Wie bereits erwähnt ist, ist es zum Erzielen einer guten Emissionskontrolle ebenso wie einer guten Kraftstoffökonomie wesentlich, eine sehr akkurate Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu erzielen. Dies wird normalerweise durch Steuern bzw. durch Kontrollieren der Menge an Kraftstoff, die zu dem Motor zugeführt wird, durchgeführt. Manchmal kann entweder eine festgelegte oder eine variable Nebenluft zum Zerstäuben von Kraftstoff ebenso in dem Kraftstoffabgabekreis eingesetzt werden, wie es aus Konzepten bekannt ist, die normalerweise bei mit flüssigem Kraftstoff betriebenen Maschinen angewandt werden. In Verbindung mit einem mit gasförmigem Kraftstoff betriebenen Motor ist es die normale Praxis, den Druck des Kraftstoffs, der von einer Quelle zugeführt wird, in der er unter Druck gehalten ist, und zwar als ein Gas oder eine Flüssigkeit, zu einem Druck, bei dem der Kraftstoff gasförmig wird und unter dem er bei oder geringfügig oberhalb von Atmosphärendruck vorliegt, zu erhöhen. Normalerweise umfassen diese Systeme eine Kraftstoff- und Luftsteuerung bzw. -kontrolle, die festgelegte Einstellungen besitzt. Allerdings liefern solche Steuerungen nicht immer adäquate und eine unmittelbare Kontrolle des

Luft/Kraftstoff-Verhältnisses der Maschine.

Normalerweise wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis eines Motors unter Verwendung einer gewissen Form eines Sensors in dem Motor gesteuert bzw. kontrolliert, der entweder das Luft/Kraftstoff-Verhältnis direkt, oder einen Sauerstoffgehalt in den Abgasen, fühlen wird, um zu einer Bestimmung eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu kommen. Diese Typen von Systemen sind sogenannte "Rückkopplungs-" Steuersysteme dahingehend, daß der sich ergebende Ausgang der Maschine gefühlt und gemessen wird und dieses gefühlte Ausgangssignal dann zu dem Kraftstoffsystem zur

Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zurückgeführt wird. Solche Systeme können hoch effektiv sein, wenn der Sensor eine akkurate Indikation des Sauerstoffgehalts liefert.

Allerdings liegt eine der kritischsten Zeitperioden in der Motoremissionskontrolle während der Anlaufphase der Maschine vor. Während des Anlaufens kann sich der Sauerstoffsensor, der nicht unterhalb bestimmter Temperaturen arbeitet, nicht darauf verlassen, daß er die anfängliche Steuerung während des Startens und während der Kaltaufwärmphase der Maschine liefert. Als Folge ist es in Verbindung mit herkömmlichen Maschinen sehr schwierig, Luft/Kraftstoff-Verhältnisse unter diesen Start- und Aufwärmzuständen beizubehalten. Demzufolge sollte eine verbesserte Brennkraftmaschine oder ein verbessertes Ladungsbildungssystem, aufweisend eine Zufuhr aus gasförmigem Kraftstoff, auf ein schnelles Sicherstellen konzentriert werden, daß sich der Sensor in dem geeigneten Betriebszustand befindet, um ein akkurates Signal zu liefern, und um unmittelbar eine Rückkopplungs-Luft/Kraftstoffsteuerung auf der Basis des Ausgangs des Sensors einzuleiten. Zusätzlich zu den vorstehend angeführten Problemen in Verbindung mit Sensoren für die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung setzen viele Abgassysteme katalytische Wandler zum Behandeln der Abgase ein, um bestimmte Verunreinigungsbestandteile akzeptierbarer zu machen, um sie zu reduzieren. Wie es ausreichend bekannt ist, erfordern viele dieser katalytischen Wandler einen Betrieb unter einer erhöhten Temperatur. Demzufolge sind diese Wandler nicht während eines Kaltstartens oder eines Kaltaufwärmens effektiv, und deshalb werden die Abgasemissionskontrollprobleme weiterhin erhöht. Zu diesen Schwierigkeiten hinzukommend ist die Tatsache, daß flüssiger Kraftstoff dazu tendiert, in dem Ansaugsystem herkömmlicher mit Gasolin bzw. Benzin betriebener Brennkraftmaschinen während des Startens bei niedrigen Temperaturen und während eines Laufens bei niedrigen Temperaturen zu kondensieren. Um diesen Zustand zu beseitigen, ist es die Praxis gewesen, eine angereichere Luft/Kraftstoffmischung unter einem Kaltstarten und einem Kaltaufwärmen zuzuführen. Eine Kraftstoffanreicherung unter Startbedingungen wird auch durch die US-A-4,285,700 gelehrt. Dies beeinflußt nicht nur nachteilig die Kraftstoffökonomie, sondern kann auch ernsthafte Effekte auf die Abgasemissionskontrolle haben.

Demzufolge sollten eine verbesserte Brennkraftmaschine und



Ladungsbildungsvorrichtung davon, ebenso wie ein verbessertes Verfahren zum Betreiben der Maschine bzw. der Maschine, nicht nur ermöglichen, daß eine Rückführungs- bzw. Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses sobald wie möglich nach dem Starten der Maschine eingeleitet wird, sondern es sollte auch der katalytische Wandler so schnell wie möglich ohne Erfordernis übermäßig angereicherter Kraftstoff/Luftmischungen erwärmt werden.

Eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betreiben von dieser, wie sie vorstehend erwähnt ist, ist aus der EP-A-346 989 bekannt. Die LPG-Maschine, die dort dargestellt ist, verwendet eine Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung auf der Basis einer vollständig mechanischen Luft/Kraftstoffsteuerung, die durch einen vorprogrammierten Teil der Vorrichtung korrigiert wird. Keine Rückkopplungssteuerung wird für die Korrektur verwendet. Nur wenn ein katalytischer Wandler verwendet wird, wird eine λ -Rückkopplungssteuerung ausgeführt. Weiterhin lehrt diese Referenz nach dem Stand der Technik eine Verdünnung einer Strömung aus Kraftstoff mit Luft, um λ zu steuern.

Aus der GB-A-1 327 513 ist eine mit einer mageren Mischung betriebene Maschine bekannt, wobei eine magere Mischung auch während Motoranlaufbedingungen durchgeführt wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die, zumindest temporär, mit gasförmigem Kraftstoff von einer Quelle einer LPG versorgt wird, was ermöglicht, den Gehalt an schädlichen Komponenten in dem Abgas unter einer frühest möglichen Zeitabstimmung des Motorbetriebs zu reduzieren. Weiterhin sieht die vorliegende Erfindung vor, eine Brennkraftmaschine zu schaffen, die eine verbesserte Zusammensetzung des Abgases zeigt, wenn die Maschine gestartet wird.

Um diese Aufgabe zu lösen, schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren eines Betriebes einer Brennkraftmaschine, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist. Durch die vorteilhaften Effekte der Maßnahme, nämlich eine Zuführung einer Kraftstoff/Luftmischung, die magerer als stöchiometrisch ist, bei einem ersten Leerlaufbetrieb (nachdem ein erstes Verbrennen auftritt), wird der katalytische Wandler, genauer gesagt der Katalysator darin, schnell erwärmt. Als Folge wird nicht nur die Zeit, bis der Katalysator teilweise aktiviert ist, sondern auch die Zeit, bis der Katalysator

vollständig aktiviert ist, verkürzt.

Gemäß einer anderen, bevorzugten Entwicklung des Verfahrens wird bei einem ersten Leerlaufvorgang ein Leerlaufgeschwindigkeitssteuerventil zum Einlassen einer zusätzlichen Mischung geöffnet, die das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in der Verbrennungskammer in dem mageren Bereich beibehält. Dieser Vorgang ist zum Erwärmen des Katalysators des katalytischen Wandlers schnell auf seinen vollständig aktivierten Zustand und seine Arbeitstemperatur nützlich.

In weiterem Detail ist das Verfahren gemäß einer noch anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dadurch charakterisiert, daß eine magere Kraftstoff/Luftmischung von $\lambda > 1$ in Abhängigkeit von zumindest einem Kaltstarten der Maschine, insbesondere nach einem ersten Zünden, zum schnellen Erwärmen des Katalysators des katalytischen Wandlers auf seine vollständig aktivierte Temperatur zugeführt wird. Diese Mischung ist magerer als stöchiometrisch bei einer ersten Leerlaufposition, d.h. nachdem das erste Verbrennen auftritt. Weiterhin ist während eines Kurbelns (Periode zwischen Schließen des Zündschalters und einem ersten Verbrennen) in dem Startvorgang (bevor das erste Verbrennen auftritt) eine adäquate Kraftstoffzufuhr (mager oder stöchiometrisch) zum Starten vorhanden.

Zu diesem Zeitpunkt kann eine Mischung, die von einer Ladungsbildungsvorrichtung zugeführt ist, in der Verbrennungskammer so, wie sie ist, verwendet werden, d.h. ohne eine Anreicherung unter Kaltstartbedingungen, wobei die Mischung für ein exaktes, erstes Brennen und Reduzieren von Kohlenwasserstoffen in dem Abgas dient. Gemäß einer anderen, bevorzugten Ausführungsform der Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird eine magere Kraftstoff/Luftmischung von $\lambda > 1$ zu der Verbrennungskammer zugeführt, bis ein Sauerstoffsensor beginnt, zu arbeiten, der in der Abgasanordnung angeordnet ist, wobei der Sauerstoffsensör ein Steuersignal für eine Rückkopplungssteuerung der Zufuhr einer stöchiometrischen Kraftstoff/Luftmischung von $\lambda = 1$ zu der Verbrennungskammer ausgibt. Auf diese Art und Weise wird ein früher Beginn einer Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses durch Nebenluft in die Zufuhr von verdampftem, gasförmigem Kraftstoff sobald als möglich erhalten, um eine stöchiometrische Kraftstoff/Luftmischung von $\lambda = 1$ für einen weiteren Motorbetrieb einzustellen.

Gemäß noch anderen, bevorzugten Ausführungsformen des Verfahrens gemäß der

vorliegenden Erfindung ist die Periode eines Zuführens einer mageren Kraftstoff/Luftmischung von $\lambda > 1$ gleich zu oder länger als die Periode, bis der katalytische Wandler seinen Betrieb beginnt.

Vorzugsweise wird, zumindest bis der katalytische Wandler teilweise aktiviert ist, zusätzlicher Kraftstoff, der mit einer überflüssigen Menge an Luft gemischt wird, was die Kraftstoff/Luftmischung so gestaltet, daß sie magerer als stöchiometrisch $\lambda > 1$ ist, zu der Verbrennungskammer der Maschine zugeführt.

Gemäß einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform wird die Menge an Kraftstoff, die in den Einlaßverteiler hinein eingeführt wird, um sich mit der Einlaßluft zu mischen, grundsätzlich vorab über ein erstes Kraftstoffsteuerventil einströmseitig einer weiteren Regulierung der Menge an Kraftstoff, die in die Einlaßluft gemischt werden soll, durch eine kontrollierte Strömung von Nebenluft in einen Kraftstoffzufuhrkanal, eingestellt.

Weiterhin wird gemäß einem noch anderen Aspekt des Verfahrens der vorliegenden Erfindung eine gesteuerte bzw. kontrollierte Menge an Kraftstoff kontinuierlich in den Einlaßkanal eines eine Ladung bildenden Systems über eine Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ zugeführt, wobei die Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ automatisch in Abhängigkeit einer Motorlast gesteuert wird.

Für eine präzise Abgasemissionskontrolle zusammen mit dem stöchiometrischen Verhältnis von $\lambda = 1$, nachdem die anfängliche Übergangsaufwärmphase eines startenden Motorbetriebs beendet ist, wird eine Rückkopplungssteuerung eines Nebenluftventils in Abhängigkeit eines Ausgangs eines Sauerstoffsensors, der in der Abgasanordnung angeordnet ist, durchgeführt, um eine Feinabstimmung einer Nebenluft in die Strömung des gasförmigen Kraftstoffs einströmseitig des Hauptregulatorventils zum Einstellen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses hinein durchzuführen, während in einem Zustand, wo der Sauerstoffsensor eine Grundvorabeneinstellung eines Schrittmotors durchführt, was kein Signal ausgibt, was das Nebenluftsteuerventil zum Beibehalten des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses stöchiometrisch steuert, dieses im wesentlichen konstant gehalten wird, und zwar bei irgendeiner Menge einer Luftströmung in dem Ansaugkanal.

Auf diese Art und Weise kann, da eine Steuerung der Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückkopplungssteuerung durch das Nebenluftsteuerventil durchgeführt wird, das von

dem Ventil getrennt ist, das die Menge einer Kraftstoffzufuhr entsprechend der Menge einer Luftströmung in dem Ansaugkanal steuert, die Rückkopplungssteuerung ohne Steuern der Menge einer Kraftstoffzufuhr entsprechend zu der Menge einer Luftströmung durch den Ansaugkanal durchgeführt werden. Deshalb wird, obwohl eine große Menge an Kraftstoff zugeführt werden soll, eine akkurate Steuerung der Kraftstoff/Luftmischung erreicht und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis kann innerhalb eines schmalen Fensters gesteuert werden, insbesondere um das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis von $\lambda = 1$ herum, und ein katalytischer Dreiwegewandler kann mit einem hohen Konversionsverhältnis verwendet werden. Demzufolge kann, ungeachtet der großen Menge eines Volumens pro einem bestimmten Wärmemengenwert, der ungefähr 300 mal demjenigen von Benzin bzw. Gasolin ist, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis präzise auf den stöchiometrischen Wert eingestellt werden, unter Berücksichtigung der Motorlauf- und/oder der Motorumgebungsbedingungen. Unter Kaltstartbedingungen oder Aufwärmbedingungen der Maschine ist die Stelle, wo die magere Kraftstoff/Luftmischung (magerer als stöchiometrisch) bei einem ersten Leerlaufen zugeführt wird, zumindest die Stelle, wo die Verbrennung der Mischung stattfindet, nämlich die Verbrennungskammer der Maschine.

Demgemäß weist eine andere, bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung die Abgabe einer zusätzlichen Mischung in den Einlaßkanal zwischen der die Ladung bildenden Vorrichtung und der Verbrennungskammer der Maschine auf, d.h. einströmseitig der Verbrennungskammer, wenn die Maschine mittels eines Leerlaufgeschwindigkeitssteuerventils (ISC-Ventil) gestartet wird.

In Bezug hierauf kann ein Erwärmen des katalytischen Wandlers und des Katalysators auf deren Arbeitstemperatur einer vollständigen Aktivierung, während gleichzeitig die Gehalte an Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden (NO_x) und Kohlenmonoxid (CO) in dem Abgas mittels einer Abgabe von Sauerstoff in den Abgaskanal hinein reduziert werden, unterstützt werden, um mit kleinen Mengen von restlichem Kraftstoff zu brennen, der in dem katalytischen Wandler oder in dem Abgasverteiler vorhanden ist.

Vorzugsweise wird in der vorliegenden Erfindung die Luft/Kraftstoffsteuerung durch Steuern der Menge einer Nebenluft und Steuern der Menge an Kraftstoff, einströmseitig des Hauptregulatorventils zugeführt, das in Verbindung mit vorzugsweise einer

Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ (Vergaser) vorgesehen ist, erreicht. Der gesteuerte bzw. kontrollierte Kraftstoff wird in den Einlaßkanal über die variable Venturi-Einrichtung kontinuierlich zugeführt und ein ausreichendes Vakuum wird an der Venturi-Einrichtung zum Anziehen von Kraftstoff erzeugt. Demzufolge findet die Rückkopplungssteuerung in Abhängigkeit eines Ausgangs des Sauerstoffsensors, angeordnet an der Abgasanordnung, statt und eine geeignet gesteuerte Menge an Kraftstoff wird kontinuierlich und exakt in den Einlaßkanal zugeführt und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Einlaßkanal wird vergleichförmigt. Demzufolge wird, unter niedrigen Lastbedingungen, ein ausreichendes Vakuum durch die Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ erzeugt.

Gemäß einem noch anderen, bevorzugten Aspekt des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine einzigartige Ansprechcharakteristik der Ventileinrichtung, verwendet für die Einstellung der Menge an Kraftstoff, die in den Einlaßkanal der die Ladung bildenden Vorrichtung abgegeben wird, dahingehend erhalten, daß ein Hauptregulatorventil einer Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ (Vergaser) so ausgelegt ist, um eine erwünschte Kraftstoff/Luftmischung zu erhalten, spezifisch eine stöchiometrische Mischung von $\lambda = 1$, mit einem im wesentlichen konstanten Schrittwert eines mittels Schrittmotors gesteuerten Nebenluftsteuerventils, während dabei ein anderes Kraftstoffsteuerventil vorhanden ist, das zur Kompensation der Menge an Kraftstoff dient, die zu der die Ladung bildenden Vorrichtung in Abhängigkeit von den Motorlauf- und/oder Motorumgebungsbedingungen zugeführt wird, was die Menge an Kraftstoff derart einstellt, daß ein Durchschnitt des Schrittwerts mittels eines durch Schrittmotor gesteuerten Nebenluftsteuerventils im wesentlichen konstant gehalten wird.

Die vorstehende Aufgabe wird durch eine Brennkraftmaschine gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 9 aufweist.

Vorzugsweise weist der Einlaßkanal der Maschine ein auf eine Last ansprechendes Drosselklappenventil und eine ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis regulierende Hauptreguliereinrichtung auf, die automatisch in Abhängigkeit einer Strömung einer atmosphärischen Luft in den Luftereinlaßkanal hinein gesteuert wird, um ein Vakuum in dem Einlaßkanal an einem Ladungsbildungsbereich davon im wesentlichen konstant zu halten. Eine Abgasanordnung zum Abgeben des Abgases von der

Verbrennungskammer der Maschine und ein Kraftstoffzufuhrsystem für zumindest ein temporäres Zuführen verdampften Kraftstoffs von der Quelle von verflüssigtem, unter Druck gesetztem, gasförmigem Kraftstoff sind auch vorgesehen. Eine solche Brennkraftmaschine ist dadurch charakterisiert, daß der Hauptregulator davon mit atmosphärischer Luft in Verbindung gesetzt wird, wogegen das ausströmseitige Ende die Kraftstoff/Luftmischung zu der Verbrennungskammer hin zuführt. Der Lufteinlaßkanal weist ein auf eine Last ansprechendes Drosselklappenventil und eine ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis regulierende Hauptreguliereinrichtung auf, die automatisch in Abhängigkeit einer Strömung von atmosphärischer Luft in den Lufteinlaßkanal hinein anspricht, um ein Vakuum in dem Einlaßkanal an einem die Ladung bildenden Bereich davon im wesentlichen konstant zu halten. Eine Abgasanordnung zum Abgeben des Abgases von der Verbrennungskammer der Maschine und ein Kraftstoffzufuhrsystem für zumindest ein temporäres Zuführen von verdampftem Kraftstoff von der Quelle verflüssigtem, unter Druck gesetztem, gasförmigem Kraftstoff sind auch vorgesehen. Eine solche Brennkraftmaschine ist dadurch charakterisiert, daß die Hauptregulatoreinrichtung eine Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ aufweist, die ein verschiebbares Ventilteil zum Steuern eines Hauptdosierstrahls einer Kraftstoffzufuhrkammer besitzt, und daß zumindest ein Kraftstoffzufuhrsteuerventil vorgesehen ist, um ein mageres oder stöchiometrisches Luft/Kraftstoff-Verhältnis einer Ladungszufuhr zu der Verbrennungskammer in Abhängigkeit von Motorbetriebs- und/oder von Motorumgebungsbedingungen (einschließlich einer variablen Anhäufung von gasförmigem Kraftstoff) sicherstellen.

Vorzugsweise ist das Kraftstoffzufuhrsteuerventil ein Nebenluftsteuerventil, das in Abhängigkeit eines Ausgangssignals eines Sauerstoffsensors, der an der Abgasanordnung angeordnet ist, gesteuert wird. Gemäß einer noch anderen, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dies ein Sauerstoffsensor, der einströmseitig eines katalytischen Wandlers in einem Abgasverteiler angeordnet ist. Gemäß einer anderen, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das mittels Schrittmotor gesteuerte Nebenluftsteuerventil so angepaßt, um eine Menge eines gasförmigen Kraftstoffs, der durch einen Luftzufuhrkanal fließt, der sich einströmseitig des Hauptdosierstrahls in die Kraftstoffzufuhrkammer öffnet, zu steuern, wobei das Nebenluftsteuerventil auf eine mittlere Ventilposition vorab eingestellt

wird, wobei ein Durchschnitt davon im wesentlichen konstant gehalten wird, während die Konstantwert-Charakteristik des Nebenluftventils durch ein durch Luft gesteuertes Signal des Sauerstoffsensors überlagert wird.

Gemäß einer noch anderen, bevorzugten Ausführungsform weist das Hauptregulatorventil der Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ (Vergaser) ein Nadelventil auf, das mit der Hauptdosierdüse zusammenarbeitet, wobei die Konfiguration des Nadelventils so ist, um das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis, insbesondere die stöchiometrische Bedingung von $\lambda = 1$, mit einem im wesentlichen konstanten, durchschnittlichen Schrittwert des Schrittmotors für das Nebenluftsteuerventil bei irgendeiner der Menge einer Luftströmung beizubehalten.

Ein besonders breiter Steuerbereich der Kraftstoffsteuerung einströmseitig des Einlaßkanals wird mittels eines durch einen anderen Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils erhalten, das zusätzlich zu dem Nebenluftsteuerventil vorgesehen ist, wobei das andere Kraftstoffsteuerventil so angepaßt ist, um die Strömung von Kraftstoff von der Quelle gasförmigen Kraftstoffes in die Kraftstoffzufuhrkammer hinein zu steuern. Vorzugsweise ist das Hauptkraftstoffsteuerventil einströmseitig der Hauptdosierdüse vorgesehen, um die Kraftstoffzufuhr zu der Hauptkraftstoffkammer in Abhängigkeit der Motorbetriebs- und/oder -Umgebungsbedingungen einzustellen. Gemäß dieser Anordnung wird eine akkurate Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses gerade dann erreicht, wenn verschiedene Formen von gasförmigen Kraftstoffen verwendet werden, da ein ausreichend breiter Steuerbereich durch Reagieren auf ein Signal von dem Sauerstoffsensor beibehalten wird. Dies bedeutet, daß das Luft/Kraftstoff-Verhältnis leicht bei einem stöchiometrischen Wert von $\lambda = 1$ beibehalten werden kann, gerade wenn sich die Motorumgebungsbedingungen, einschließlich der Zusammensetzung der gasförmigen Kraftstoffmischung, ändern. Wenn nur das Nebenluftsteuerventil als ein einzelnes Kraftstoffzufuhrsteuerventil ohne Vorsehen des zusätzlichen Hauptkraftstoffsteuerventils vorgesehen wird, wird der Steuerbereich schmal, wenn sich die Motorlauf- und/oder -Umgebungscharakteristika ändern, da der Schrittwert des Schrittmotors des Nebenluftsteuerventils zum Beibehalten des stöchiometrischen Werts von $\lambda = 1$ zu der vollständig geöffneten Position des Nebenluftsteuerventils oder der vollständig geschlossenen Position des Nebenluftsteuerventils bewegt wird, und irgendeine Rückkopplungssteuerung wird basierend auf

diesem sich variierenden Schrittwert erreicht.

Gemäß einer noch anderen, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Leerlaufkanal zwischen der Hauptkraftstoffkammer und einem Leerlaufteil, positioniert ausströmseitig einer Leerlaufposition des auf die Last ansprechenden Drosselklappenventils, vorgesehen, um die Leerlaufkraftstoffströmung zu steuern. Genauer gesagt ist der Leerlaufdurchgangsweg, der eine Mischung führt, zwischen der Einström- und der Ausströmseite des auf eine Last ansprechenden Drosselklappenventils vorgesehen und wird mittels eines Leerlaufsteuerventils gesteuert, das eine offene Position unter Leerlaufbedingungen annimmt.

Um ein schnelles Absperren einer Kraftstoffzufuhr unter bestimmten Motorlaufbedingungen zu erzielen, insbesondere unter einer schnellen Verzögerung, ist mindestens ein Kraftstoffabsperrentil für eine schnelle Zufuhr von zusätzlicher Luft in die Hauptkraftstoffkammer des die Ladung bildenden Systems vorgesehen.

Andere, bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den weiteren Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung in größerem Detail anhand verschiedener Ausführungsformen davon in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen erläutert, wobei:

Figur 1 zeigt eine schematische Teilquerschnittsansicht, die durch einen Bereich einer Brennkraftmaschine vorgenommen ist, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist und betrieben wird, :

Figuren 2A, 2B zeigen ein Flußdiagramm in Blockdiagrammform, das den Startvorgang eines Motors gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt,

Figuren 3A, 3B zeigen ein Flußdiagramm in Blockdiagrammform, das den Startvorgang gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt,

Figur 4 zeigt eine graphische Ansicht, die verschiedene Steuerbereiche während des Laufs der Maschine darstellt,

Figur 5 zeigt ein Blockdiagramm der Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, das während des Laufs der Maschine eingerichtet ist,

Figur 6 zeigt ein Blockdiagramm, das die Bestimmung der Rückkopplungssteuerung

des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Abhängigkeit davon, ob die Maschine im Leerlauf oder außerhalb des Leerlaufs betrieben wird, darstellt,

Figur 7 zeigt ein Blockdiagramm, das einen Steuerprogrammablauf der Rückkopplungssteuerung während einer schnellen Beschleunigung der Maschine erläuternd darstellt,

Figur 8 zeigt eine graphische Darstellung, die die Steuerstrategie der Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses während einer schnellen Beschleunigung der Maschine darstellt,

Figur 9 zeigt eine graphische Ansicht, die das Steuerablaufprogramm für die Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses während extremer Verzögerungen darstellt,

Figur 10 zeigt ein Blockdiagramm, das eine Kompensation des Schrittwerts eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils unter Motorstartbedingungen darstellt,

Figur 11 zeigt ein Blockdiagramm ähnlich zu demjenigen der Figur 10, allerdings für eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei der Startzustand durch Überwachen des Ansaugdrucks erfaßt wird, wogegen der Programmablauf gemäß der Figur 10 auf einer Erfassung des Startzustands mittels der Überwachung des Leerlaufschalters basiert,

Figur 12 zeigt eine graphische Darstellung des Kompensations-Programmablaufs für das Schrittvventil eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils, das den Blockdiagrammen der Figuren 10 und 11 zugeordnet ist,

Figur 13 zeigt eine graphische Darstellung der Charakteristika der unterschiedlichen Parameter und Fühlereinrichtung unter Motorstartbedingungen in Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie sie beispielhaft durch die Figuren 2A, 2B dargestellt ist,

Figur 14 zeigt eine graphische Ansicht ähnlich zu derjenigen der Figur 13, allerdings für eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie sie beispielhaft in den Figuren 3A, 3B dargestellt ist,

Figur 15 zeigt ein Diagramm, das den Schrittwert gegenüber der Zeit für eine Bewegung eines Schrittmotors eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils mit der Motorbetriebsbedingung als Parameter darstellt,

Figuren 15a bis 15c stellen die Steuerung des Schrittwerts zum Betreiben eines Schrittmotors eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils in Abhängigkeit unterschiedlicher Motorbetriebsbedingungen (Leerlauf, außerhalb des Leerlaufs und schnelle Beschleunigung) dar,

Figur 16 zeigt ein Blockdiagramm für eine Alternative einer Einstellung eines Schrittwerts eines Schrittmotors eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffeinspritzventils, das die Kühlwassertemperatur als einen anderen Parameter zum Erfassen eines Motorstarts erfaßt,

Figur 17 zeigt eine Auflistung für eine Bestimmung eines Schrittwerts für einen Schrittmotor eines mittels Schrittmotor gesteuerten Kraftstoffsteuerventils während eines Anlassens bzw. Kurbelns in Abhängigkeit des Ansaugdrucks,

Figur 18 zeigt eine graphische Ansicht, die sich auf die Figuren 16 und 17 bezieht, die die Kompensation des Schrittwerts auf der Basis der Kühlwassertemperatur, die erfaßt ist, darstellt,

Figur 19 zeigt eine graphische Ansicht, die die Effekte einer mageren Mischung, die während einer anfänglichen Aufwärmphase der Maschine zugeführt wird, um einen katalytischen Wandler so zu gestalten, daß er seine Arbeitstemperatur schneller als herkömmlich annimmt, darstellt,

Figur 20 zeigt eine graphische Darstellung, die die Zwischenbeziehung zwischen einem ersten und einem zweiten Kraftstoffzufuhrsteuerventil offenbart, um einen Schrittwert mindestens eines der Ventile im wesentlichen konstant zu halten, was die Steuerung des Luft/Kraftstoffverhältnisses hoch effektiv gestaltet,

Figur 21 zeigt ein Diagramm, das die Steuerung der Kraftstoff/Luft-Mischung mittels einer Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung darstellt, die durch ein Hauptsystem (Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ) und ein langsames System durch Verarmen von Luft durch Nebenluft, um die Menge eines Kraftstoffs vor der Einstellung des geeigneten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses über das Hauptsystem vorab einzustellen, durchgeführt ist,

Figur 22 offenbart schematisch in (a) und (b) den Einfluß einer Mischvorrichtung vom variablen Venturi-Typ in Bezug auf die Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Verbindung mit einer Nebenluftvorsteuerung von verarmter Luft der Kraftstoffmenge,

Figur 23 zeigt äquivalente Schemata zum Erläutern der Effekte einer

Nebenluftsteuerung der Menge des Kraftstoffs einlaufseitig einer Hauptsteuerung durch einen variablen Venturi-Vergaser (Figur 23a) und ohne eine solche Nebenluft in die Strömung des Kraftstoffs hinein (Figur 23b),

Figur 24 zeigt eine graphische Ansicht, die schematisch die Effekte einer Nebenluft darstellt, um die Kraftstoffzufuhr in Verbindung mit einem Vergaser vom variablen Venturi-Typ zu variieren, der einen Schrittwert von 45 für das Nebenluftventil (Figur 24a) und einen Schrittwert von 55 für das Nebenluftventil in Figur 24b aufweist,

Figur 25 zeigt eine graphische Ansicht, die schematisch eine Steuerung der Kraftstoff/Luft-Mischung der Maschine gemäß der vorliegenden Erfindung unter Leerlaufbedingungen darstellt,

Figur 26 zeigt eine graphische Ansicht ähnlich zu derjenigen der Figur 25 für einen Zustand nachdem ein manuell betätigtes, auf eine Last ansprechendes Drosselklappenventil leicht geöffnet wird,

Figur 27 zeigt eine graphische Ansicht, ähnlich zu derjenigen der Figuren 25 und 26, für einen Zustand, bei dem das manuell-betätigte, auf eine Last ansprechende Drosselklappenventil weiter geöffnet ist,

Figur 28 zeigt eine graphische Ansicht, die die verschiedenen Steuerbereiche in Verbindung mit einer Zufuhr von zusätzlichem Unterkraftstoff in die Abgasanordnung der Maschine hinein darstellt,

Figur 29 zeigt eine schematische Teilquerschnittsansicht, teilweise ähnlich zu Figur 1, die eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt,

Figur 30 zeigt eine schematische Teilquerschnittsansicht eines Teils eines Motors, ähnlich zu Figur 29, die eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt,

Figur 30A und Figur 30B stellen alternative Steuer-Schemata einer Doppel-Einspritzeinrichtung der Figur 31 dar,

Figur 31 zeigt eine schematische Teilquerschnittsansicht ähnlich zu Figur 29, und Figur 30 stellt die eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar,

Figur 31a zeigt ein Diagramm, das den Effekt der gestaffelten Vergaser-Anordnung der Ausführungsform der Figur 31 darstellt,

Figur 32 bis Figur 34 stellen schematische Teilquerschnittsansichten, teilweise ähnlich zu Figur 1, dar, die andere Ausführungsformen der Erfindung zeigen.

Unter Bezugnahme nun im Detail auf die Zeichnungen, und zu Anfang auf Figur 1, ist dort ein Brennkraftmotor, der mit einem Kraftstoffzufuhrsystem versehen ist, das gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist, teilweise dargestellt und allgemein mit dem Bezugszeichen 11 bezeichnet. Der Motor 11 ist nur teilweise dargestellt, da die inneren Details der Maschine, mit Ausnahme dessen Ansaug- und die Ladung bildenden Systems und die Steuerungen dafür, kein Teil der Erfindung bilden. Allerdings ist ein Teil der Maschine zum einfacheren Verständnis, wie die Erfindung in die Praxis in Verbindung mit irgendeinem der bekannten Typen von Brennkraftmaschinen umgesetzt werden kann, gezeigt. Es sollte auch angemerkt werden, daß das die Ladung bildende System nicht auf die Verwendung in sich hin- und herbewegenden Maschinen des Typs, der gezeigt ist, beschränkt ist, sondern auch in Verbindung mit Maschinen vom Drehtyp eingesetzt werden kann. Auch wird die Erfindung in Verbindung mit nur einem einzelnen Zylinder eines Mehrzylindermotors beschrieben, da angenommen wird, daß Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet leicht verstehen können, wie die Erfindung in Verbindung mit Mehrzylindermotoren und Maschinen mit sich variierenden Konfigurationen in die Praxis umgesetzt werden kann.

Der Motor bzw. die Maschine 11 umfaßt einen Zylinderblock 12, der eine oder mehrere Zylinderbohrungen 13 besitzt, in denen Kolben 14 gleitend gehalten sind. Die Kolben 14 sind in einer bekannten Art und Weise durch Pleuelstangen (nicht dargestellt) mit einer Kurbelwelle zum Erzielen eines Abtriebs von dem Motor 11 verbunden. Die Zylinderbohrung 13 und der Kopf des Kolbens 14 bilden eine Brennkammer 15 zusammen mit dem Zylinderkopf 16, der in einer bekannten Art und Weise an dem Zylinderblock 12 befestigt ist.

Einer oder mehrere Einlaßkanal bzw. Einlaßkanäle 17 erstreckt bzw. erstrecken sich durch eine Seite der Zylinderkopfanordnung 16 und besitzen deren Verbindung mit der Brennkammer 15 durch Tellerventile 18 gesteuert, die gleitend in dem Zylinderkopf 16 in einer bekannten Art und Weise gehalten sind.

Ein oder mehrere Auslaßkanäle 21 erstrecken sich durch die gegenüberliegende Seite des Zylinderkopfs 16 von jeder Brennkammer 15 aus. Die Strömung durch den Auslaßkanal 21 wird durch Auslaßventile 22 vom Teller-Typ gesteuert, die auch durch eine obenliegend befestigte Auslaßnockenwelle 20 in einer ausreichend

bekannten Art und Weise betätigt werden.

Ein Abgaskrümm器 23 ist an der Auslaßseite des Zylinderkopfs 16 befestigt und nimmt die Abgase von den Auslaßkanälen 21 auf. Ein Auslaß 24 des Auslaßverteilers 23 kommuniziert mit einem katalytischen Wandler 25, der ein Katalysatorbett besitzt, das einen sogenannten "Dreiwege-Katalysator" zum Oxidieren von Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffen (HC) umfaßt, während deoxidierende Stickoxide (NO_x) die Abgase so harmlos wie möglich gestalten. Die Abgase, die so behandelt sind, werden dann an die Atmosphäre über ein Auslaßrohr 26 und ein geeignetes Abgas- und Dämpfersystem (nicht dargestellt) abgegeben.

In der dargestellten Ausführungsform ist die Maschine 11 ein solcher Typ mit vier Ventilen pro Zylinder (d.h. zwei Einlaßventile 18 und zwei Auslaßventile 22 pro Zylinder). Natürlich sollte leicht für Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet ersichtlich sein, daß bestimmte Merkmale der Erfindung in Verbindung mit Maschinen eingesetzt werden können, die andere Typen von Ventil- und Öffnungssystemen haben. Eine Zündkerze 27 ist in dem Zylinderkopf 16 befestigt und besitzt deren Zündspalt zentral in der Brennkammer 15 zum Zünden der Ladung darin in einer bekannten Art und Weise angeordnet.

Der Motor 11 ist auch wassergekühlt in der dargestellten Ausführungsform und hierfür sind der Zylinderblock 12 und der Zylinderkopf 16 mit einem Kühlmantel oder mit Kühlmänteln 28 versehen, durch die ein flüssiges Kühlmittel mittels einer Kühlmittelpumpe (nicht dargestellt) zirkuliert wird. Dieses Kühlmittel wird dann durch einen externen Wärmetauscher (nicht dargestellt) zum Kühlen in einer ausreichend bekannten Art und Weise geführt.

Eine Kraftstoff/Luft-Ladung wird zu den Brennkammern 17 mittels eines Ansaug- und Ladungsbildungssystems zugeführt, das allgemein mit dem Bezugszeichen 29 angegeben ist und das eine Ladungsbildungseinrichtung in der Form einer Mischvorrichtung 31 besitzt, die in dem Einlaßabschnitt eines Einlaßverteilers 32 angeordnet ist, der sich entlang der Einlaßseite der Maschine erstreckt und der einen Plenumabschnitt 33 umfaßt. Eine Vielzahl von individuellen Einlaufkanalabschnitten 34 erstreckt sich von dem Plenumabschnitt 33 aus, um jede der Einlaßöffnungen 17 der Maschine 11 zu versorgen.

Gemäß der Erfindung wird die Maschine 11 mit einem gasförmigen Kraftstoff gefüllt,

der unter Druck als eine Flüssigkeit in einer Druckquelle, dargestellt in angedeuteter Weise bei 39, bevorratet ist. Der Kraftstoff, der innerhalb der Quelle bevorratet ist, kann von irgendeinem bekannten, gasförmigen Kraftstoff vom Kohlenwasserstoff-Typ sein, wie beispielsweise Butan, Propan, oder einer Mischung davon oder irgendwelche anderen, ausreichend bekannten und verwendeten gasförmigen Kraftstoffe. Wie es ausreichend bekannt ist, variieren der Wärmegehalt und die Verbrennungseigenschaften dieser Gase von dem einen zu dem anderen und dies wird in dem System, das beschrieben werden wird, in einer Art und Weise berücksichtigt bzw. angepaßt, die ersichtlich werden wird. Der Kraftstoff von der Hochdruckquelle 39 wird zu einem Verdampfer und Druck-Regulator zugeführt, allgemein mit dem Bezugszeichen 41 bezeichnet, über einen Einlaßkanal 42 des Regulators 41, wie durch den Pfeil A dargestellt ist.

Der Regulator 41 ist aus einer äußeren Gehäuseanordnung aufgebaut, die einen Hauptkörperbereich 43 umfaßt, in dem ein Einlaßkanal 44 gebildet ist, der mit dem Einlaßanschlußstück 42 kommuniziert. Der Kanal 44 erstreckt sich zu einer die erste Druckstufe regulierenden Öffnung 45, die ihre Öffnung und Schließung durch ein Ventil 46 gesteuert besitzt, das durch eine Anordnung 47 betätigt wird, die durch eine Feder 48 vorgespannt ist, die deren Vorbelastung durch eine Schraube 49 eingestellt besitzt. Das Ventil 46 öffnet und schließt eine Kommunikation mit einer Kammer 51, die durch das Gehäuse 43 und eine erste Abdeckplatte 42 gebildet ist, um so den Druck des gasförmigen Kraftstoffs in einer ersten Stufe auf einen Druck von ungefähr $0,3 \text{ kg/cm}^2$ Gage zu reduzieren.

Die erste Regulierkammer 51 kommuniziert mit einer zweiten Regulierkammer 53, die durch einen Hohlraum in der Seite der Hauptgehäusekammer 43 gegenüberliegend der Abdeckplatte 52 gebildet ist und die mittels eines Diaphragmas 54 verschlossen ist, das an seiner Stelle durch eine zweite Abdeckplatte 55 gehalten ist. Ein Durchgangsweg 56 setzt die Kammer 53 mit der Kammer 51 in Verbindung, und ein zweites Druckreguliertventil 57, das durch das Diaphragma 54 betätigt ist, steuert die Öffnung und Schließung des Durchgangswegs 56 so, daß Gas in der Richtung des Pfeils B fließen wird. Eine Vorspannfeder 58 wirkt gegen das Diaphragma 54 und die Rückseite des Diaphragmas 54 ist zu dem Atmosphärendruck hin über eine Atmosphärenöffnung 59 geöffnet, so daß die zweite Regulierstufe den Druck des

gasförmigen Kraftstoffs in der Kammer 53 auf gerade geringfügig unterhalb Atmosphärendruck reduzieren wird.

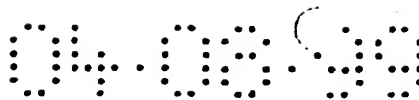
Das flüssige Kühlmittel, das in dem Motorkühlmantel 28 erwärmt worden ist, wird auch durch den Regulator 41 zirkuliert, und hierbei ist ein innerer Erwärmungskanal 61 vorgesehen, der in dem Hauptgehäuse 43 gebildet ist, der in Verbindung mit sowohl dem Gas, das in den Einlaßkanal 44 eintritt, als auch der zweiten Regulierkammer 53 steht, um so eine gleichförmigere Temperatur des Gases in dem Regulator 41 beizubehalten, um so eine bessere Verdampfung, Regulierung und eine bessere Steuerung des Drucks des gasförmigen Kraftstoffs sicherzustellen, der zu der Ladungsbildungseinrichtung 31 zugeführt ist.

Ein Auslaßkanal 62 liefert den zweistufigen, druckregulierten, gasförmigen Kraftstoff zu dem Hauptkraftstoffkreis des Vergasers 31, wie durch den Pfeil C dargestellt ist. Dieser Hauptkraftstoffkreis wird später beschrieben werden.

Der gasförmige Kraftstoff durch einen Unterkraftstoffzufuhrkreis wird auch von dem Regulator 41 zu einem Anreicherungskreis in der Verteilerplenumkammer 33 zugeführt, allerdings unter einem leicht höheren Druck als der Kraftstoffdruck, der zu dem Hauptkraftstoffkreis zugeführt wird. Um dies zu erreichen, ist ein zweiter Zufuhrkanal 63 in der Abdeckplatte 52 gebildet und kommuniziert mit der ersten Regulierkammer 51. Ein elektrisch betätigtes Unterkraftstoffzufuhrventil 64 steuert die Verbindung des Kanals 63 mit einem weiteren Zufuhrkanal 65, der in der Abdeckung 52 gebildet ist. Ein die Strömung steuerndes Nadelventil 66 setzt den Kanaldurchgangsweg 65 mit einem Kanal 67 in Verbindung, der sich zu der Plenumkammer 33 des Einlaßverteilers 32 erstreckt, wie durch den Pfeil D angezeigt ist.

Eine CPU, die allgemein mit dem Bezugszeichen 72 bezeichnet ist, ist zum Steuern des Kraftstoffsystems, einschließlich des Anreicherungsventils 64, vorgesehen.

Weiterhin dient, in Abhängigkeit von dem Typ eines Sauerstoffsensors, der verwendet wird, das Unterkraftstoffzufuhrventil 64 auch für einen Kurztestvorgang während eines Aufwärmens des Sauerstoffsensors, wenn der Sauerstoffsensor von einem Typ ist, der fühlt, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf der angereicherten Seite (λ -Sensor) ist. Eine solche Zufuhr von zusätzlichem Unterkraftstoff in die Plenumkammer 33 des Einlaßverteilers 32 ist nicht erforderlich, wenn, anstelle eines solchen stöchiometrischen Sauerstoffsensors, ein



Magerverbrennungs-Universalabgas-Sauerstoffsensor (Mager-Sensor) verwendet wird, der fühlt, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf der mageren Seite ist.

Die Mischvorrichtung 31 ist von dem Luftventil oder einem Konstantdruck-Typ, der ein im wesentlichen konstantes Vakuum an dem Venturi- oder Einlaß-Durchgangsweg liefert, und umfaßt einen Hauptkörperbereich 73, der ein Lufthorn 74 definiert, das atmosphärische Luft aufnimmt, was mit dem Pfeil G angezeigt ist, von einer geeigneten Luftreinigungseinrichtung und/oder einem Luftschalldämpfer 75. Die Luftreinigungseinrichtung 75 besitzt ein Filterelement 76, durch das Luft von dem Atmosphärenlufteinlaß 77 für eine Filtrierung und Schalldämpfung angesaugt wird und zu dem Lufthorn 74 der Mischvorrichtung zugeführt wird.

Da die vergaserähnliche Konstantvakuum-Mischvorrichtung 31 von dem Luftventil- oder Konstantdruck-Typ ist, besitzt sie einen variablen Venturi-Abschnitt. Innerhalb des Grundaufbaus dieser Spezifikation ist die vergaserähnliche Mischvorrichtung 31 (die die Hauptladungsreguliereinrichtung bildet) auch als Vergaser vom variablen Venturi-Typ (variable Hauptdüse) oder als SU-Vergaser ausgelegt. Ein solcher Typ eines Vergasers ermöglicht, das Vakuum an dem Venturi-Bereich im wesentlichen konstant bei irgendeiner Menge einer Luftströmung in den Ansaugkanal zu halten (obwohl sich das Vakuum dort geringfügig erhöht). Diese Mischvorrichtung 31 ist mit einem Kolben 78 vom Gleit-Typ versehen, der mit einem Ansaugkanal 79 kooperiert, der ausströmseitig des Lufthorns 74 zum Ändern des effektiven Strömungsflächenbereichs gebildet ist und der ein konstantes Vakuum in dem Ansaugkanal an dem Kolben 78 beibehält. Wie es bei diesem Typ eines Luftventil-Vergasers typisch ist, ist der Gleitkolben 78 innerhalb einer Kammer 81 enthalten, die einen Luftdruck von einem Punkt unterhalb des Gleitkolbens 78 über eine Entlüftungsöffnung 82 aufnimmt. Eine Schraubenkompressionsfeder 83 ist auch in der Kammer 82 vorgesehen, um so eine entgegengesetzte Vorspannung auf den Kolben 78 zu seiner geschlossenen Position hin zu schaffen. Die gegenüberliegende Seite der Kammer 81 ist dem Atmosphärendruck über eine Atmosphärenluftöffnung 85 ausgesetzt. Als eine Folge wird, wenn sich das Vakuum oder der Druck in dem Ansaugkanal ausströmseitig des Kolbens 78 erniedrigt, der Kolben 78 nach innen zu der Kammer 81 hin gedrückt werden, um den Strömungskanal zu öffnen und ein im wesentlichen konstantes Vakuum beizubehalten, wie dies im Stand der Technik bekannt ist.

Ein manuell betätigtes Drosselventil 86 ist in dem Ansaugkanal 79 ausströmseitig des Kolbens 78 vorgesehen und führt Luft zu dem Verteiler 32 und speziell zu seiner Plenumkammer 33 zu.

Der Kolben 78 trägt einen Dosierstab oder ein Nadelventil 87, das mit einer Hauptdosierdüse 88 einer Kraftstoffzufuhrkammer 89 zusammenwirkt. Der Dosierstab 87 wird mit der Dosierdüse 88 zusammenwirken, um einen sich progressiv vergrößern den Strömungsflächenbereich zu erzielen, wenn sich der Kolben 78 so bewegt, um den Ansaugkanal 79 zu öffnen. Der Konus des Dosierstabs 87 und die Düse 88 sind so konfiguriert, um das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis (Bedingung $\lambda = 1$) zu erzielen, mit einem im wesentlichen konstanten Schrittwert für einen Schrittmotor eines mittels Schrittmotor gesteuerten Nebenluftsteuerventils 98, was nachfolgend erläutert wird.

Der Kanal 62 von dem Regulator 41 versorgt die Kraftstoffkammer 89 der Mischvorrichtung 31. Ein anderes, mittels Schrittmotor gesteuertes Kraftstoffsteuerventil 91 ist zum Erzielen einer Voreinstellung einer Kraftstoffströmung von dem Kanal 62 in den Kraftstoffkanal 89 hinein eingesetzt. Das Kraftstoffsteuerventil 91 besitzt eine Einstellung, die in Abhängigkeit von dem Typ des Kraftstoffs, der zu dem Motor zugeführt wird, und anderen Charakteristika, einschließlich solchen Dingen wie Strömungswiderstand der Luftreinigungseinrichtung 75, eingestellt wird, um so das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis beizubehalten. Das bedeutet, wie angemerkt worden ist, daß die verschiedenen Formen gasförmiger Kraftstoffe eingesetzt werden können und das Kraftstoffsteuerventil 91 so betätigt wird, um die Menge des Kraftstoffs, die in Abhängigkeit von dem Wärmegehalt des Kraftstoffs, der verwendet ist, zugeführt ist, einzustellen.

Die vorstehend angegebenen Bedingungen, einschließlich des Typs des Kraftstoffs oder der Zusammensetzung der gasförmigen Kraftstoffmischung, wie beispielsweise ein Butan/Propan-Verhältnis, ein atmosphärischer Druckabfall in Verbindung mit einem Fahren bergauf und einer Fahrzeugbenutzung in Bergen, werden solche Belastungen der Filterelemente des Luftfilters, usw., für die Zwecke dieser Anmeldung als Motorumgebungsbedingungen zusammengefaßt, die durch das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 angepaßt werden, das die Strömung des Kraftstoffs von der Kraftstoffquelle in die Kraftstoffkammer 89 hinein steuert. Wenn ein

Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 nicht vorgesehen werden würde, würde ein Steuerbereich relativ schmal werden, wenn die Motorumgebungsbedingungen geändert werden, da die Steuerstrategie einer Rückkopplungssteuerung, die später weiter beschrieben wird, in diesem Fall auf einem bewegten Schrittventil zum Steuern eines Schrittmotors des zweiten Kraftstoffzufuhrsteuerventils begründet werden müßte, nämlich des Nebenluftsteuerventil 98.

Wie angemerkt worden ist, sind verschiedene Typen von gasförmigen Kraftstoffen vorhanden, die erhältlich sind. Da die Menge an Kraftstoff, die zugeführt wird, im wesentlichen durch die Kooperation des Dosierstabs 87 mit der Dosierdüse 88 gesteuert wird, ist die Kraftstoffströmung primär volumetrischer Art. Der Wärmegehalt pro Kubik-Foot verschiedener, gasförmiger Kraftstoffe kann ziemlich unterschiedlich sein. Deshalb erfordern Kraftstoffe, die einen niedrigeren Wärmegehalt pro Kubik-Foot haben, eine stärkere Kraftstoffströmung, um das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis beizubehalten, während Kraftstoffe, die einen höheren Kraftstoffgehalt haben, eine niedrigere Kraftstoffströmung erfordern. Demzufolge wird, wenn ein Kraftstoff mit höherem Wärmegehalt eingesetzt wird, das Ventil 91 weiter eingeschränkt, während dann, wenn ein Kraftstoff mit niedrigerem Wärmegehalt eingesetzt wird, das Ventil 91 geöffnet wird, um eine stärkere Kraftstoffströmung zu erzielen. Demzufolge ist das notwendige Volumen des Kraftstoffs für eine bestimmte Menge an Luft zum Herstellen einer stöchiometrischen Mischung in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen Propan und Butan unterschiedlich.

Das erforderliche Volumen des Kraftstoffs, um eine stöchiometrische Mischung ($\lambda = 1$) mit einer bestimmten Menge (1000 Liter) von Luft herzustellen, ist wie folgt:

* 100% Propan : 42 Liter

* 100% Butan : 32 Liter

Als Folge ist, zum Herstellen einer stöchiometrischen Mischung, eine große Menge an Kraftstoff erforderlich, wenn 100% Propan verwendet wird, verglichen mit einem Fall, bei dem 100% Butan verwendet wird. Das bedeutet, daß das Ventil 91 weiter geöffnet wird, wenn 100% Propan verwendet wird, verglichen mit einem Fall, bei dem 100% Butan verwendet wird. Dies ist einer der Gründe, warum das Kraftstoffsteuerventil 91 vorgesehen und eingestellt werden muß.

In der Ausführungsform der Figur 1 ist kein Sensor zum Fühlen des Druckabfalls über die Luftreinigungseinrichtung 75 vorgesehen. In dieser Ausführungsform wird die Menge einer Kraftstoffzufuhr, die dosiert ist, um eine stöchiometrische Mischung zu erhalten, automatisch durch Steuern des Öffnungsflächenbereichs des Ventils 91 gesteuert, um so einen durchschnittlichen Öffnungsflächenbereich des Nebenluftventils 98 im wesentlichen konstant beizubehalten, wie in Figur 20 dargestellt ist. Auf diese Art und Weise wird, gerade ohne Installieren eines solchen einen Druckabfall erfassenden Sensors, eine stöchiometrische Mischung zugeführt, auch wenn der Druck über die Luftreinigungseinrichtung 75 abfällt. Dies wird davor bewahren, daß die Mischung übermäßig angereichert wird, wenn das Filterelement 76 Fremdpartikel von der Luft, die angesaugt ist, ansammelt. Natürlich könnte auch eine Fühleinrichtung zum Fühlen des Druckabfalls über die Luftreinigungseinrichtung 75 vorgesehen werden und spezifisch könnte das Element 76 vorgesehen werden, um die Einstellung des Ventils 91 zu ändern, wenn sich der Strömungswiderstand erhöht.

Gemäß einem wichtigen Merkmal der Erfindung ist die Mischvorrichtung vom Vergaser-Typ auch mit einem Leerlaufkreis versehen, der einen Durchgangsweg 92 umfaßt, der von der Hauptkraftstoffkammer 89 versorgt wird. Ein einstellbares Nadelventil 93 ist in diesem Kanal eingesetzt und steuert die Strömung durch eine Leerlauföffnung 94, die ausströmseitig der Leerlaufposition des Drosselventils 86 positioniert ist, um so die Leerlaufkraftstoffströmung zu steuern. In einem herkömmlichen Luftventil oder einem Konstantdruck-Vergaser wird ein Leerlaufkreis normalerweise nicht vorgesehen. Allerdings ist es in Verbindung mit dieser Erfindung extrem wichtig, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis akkurat unter allen Fahrbedingungen zu steuern. Falls kein Leerlaufkreis vorgesehen werden würde, würde die Mischung etwas mager werden, wenn das Drosselventil 86 von einer Leerlauf- zu einer Außer-Leerlauf-Position bewegt wird. Der Grund hierfür ist derjenige, daß dabei ein anfänglicher Bereich einer Drosselbewegung von der Leerlauf- zu einer Außer-Leerlauf-Position vorhanden ist, wobei der Gleitkolben 78 nicht irgendeiner Bewegung unterliegen wird. Demzufolge wird, wenn die Mischung bei der geeigneten Mischungsstärke ist, wenn unter Leerlauf gearbeitet wird, da das System leicht außerhalb des Leerlaufs gelangt, es dazu tendieren, auszumagern.

Durch Einsetzen eines separaten Leerlaufkreises wird sichergestellt werden, daß

das geeignete Kraftstoff/Luft-Verhältnis unter allen Bedingungen erhalten werden kann. Zum Beispiel wird, wenn unter einem Leerlauf gearbeitet wird und sich das Drosselventil 86 in seiner vollen Leerlaufposition befindet, einige Luft in die Kraftstoffkammer 89 über die Dosierdüse 88 hinein entweichen, um sicherzustellen, daß eine stöchiometrische Mischung in den Ansaugkanal 79 über den Leerlaufdurchgangsweg 92 zugeführt wird. Allerdings wird dann, wenn sich das Drosselventil 86 zu dem Außerleerlauf-Zustand bewegt, das Verteilervakuum an der Dosierdüse 88 ausgeübt werden, gerade obwohl sich der Kolben 78 noch nicht bewegt hat, und die Nebenluft, die durch den Freiraum zwischen der Hauptdüse 88 und dem Dosierstab 87 entweicht, wird erniedrigt, und primärer Kraftstoff, der durch die Leerlaufauslauföffnung 94 zugeführt wird, wird erhöht, um so die Abmagerung der Mischung zu vermeiden, was in einem Vergaser auftreten würde, der keinen Leerlaufkreis hat. Als Folge hiervon ist es möglich, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu steuern, wie es erwünscht ist, um unter Leerlauf- oder leichten Außerleerlauf-Bedingungen stöchiometrisch zu sein.

Ein Leerlauf-Bypass-Durchgangsweg 95 erstreckt sich zwischen der Einström- und Ausström-Seite des Drosselventils 86, wenn es an der Leerlaufposition ist, und besitzt ein elektrisch gesteuertes Ventil 96 zum Steuern der Mischung, die an dem Drosselventil 86 im Bypass vorbeiführt, und das demzufolge die Leerlaufgeschwindigkeit einstellt. Das Ventil wird durch die ECU 72 gesteuert, um so eine Stabilität in der Leerlaufgeschwindigkeit beizubehalten. Wenn die Leerlaufgeschwindigkeit dazu tendiert, unterhalb der erwünschten Leerlaufgeschwindigkeit zu fallen, wird das Ventil 96 geöffnet, um so eine zusätzliche Mischströmung im Bypass vorbeizuführen, um so die Leerlaufgeschwindigkeit auf die erwünschte Geschwindigkeit zu erhöhen. Andererseits wird, wenn die Leerlaufgeschwindigkeit zu hoch ist, das Ventil 96 geschlossen werden, um die Leerlaufgeschwindigkeit zu reduzieren.

Die Kombination des Leerlaufkreises mit dem Vergaser 31 vom variablen Venturi-Typ (Mischvorrichtung), wobei diese Mischvorrichtung den Dosierstab 87 in der Form eines Nadelventils aufweist, das mit dem Hauptdosierstrahl zusammenwirkt, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der Ladung einzustellen, die zu der Verbrennungskammer der Maschine zugeführt wird, ist besonders effektiv, da durch diese Kombination eine akkurate Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses erhalten wird, wenn das



manuell betätigte Last- bzw. Drosselventil 86 von seiner Leerlaufposition geöffnet wird. Das Zusammenwirken der unterschiedlichen Komponenten an dem Trichter- auslaufbereich der Mischvorrichtung 31, wo die Nadelventil-Dosierstange 87 vorgesehen ist, um die Strömung des Kraftstoffs von dem Kraftstoffkanal 89 in den Ansaugkanal 79 hinein zu steuern, in Verbindung mit der Nebenluft in die Hauptkraftstoffkammer oder den Kraftstoffkanal 89 und die Effekte des Leerlaufdurchgangswegs 92 werden in größerem Detail in den Figuren 25 bis 27 erläutert, die diesen Bereich darstellen.

Figur 25 stellt den Leerlaufzustand der Maschine dar. Der Kolben 78 mit der Nadelventil-Dosierstange 87 nimmt seine am weitesten vorgeschobene Position an, wo sie in die Hauptkraftstoffkammer 89 hinein vorsteht. Allerdings verbleibt ein leichter Freiraum zwischen der Nadelventil-Dosierstange 87 und der Dosierdüse 88, so daß die atmosphärische Luft in den Kraftstoffkanal oder die Hauptkraftstoffkammer 89 hineingezogen wird, und zwar aufgrund des Vakuums ausströmseitig des manuell betätigten Drosselventils 86. Durch die Leerlaufauslaßleitung 92 strömt eine Kraftstoff/Luft-Mischung unter der Steuerung des Nadelventils 93 zu der Leerlauföffnung 94, ausströmseitig der Leerlaufposition des Drosselventils 86. Der Kraftstoff und die Luft (atmosphärische Luft durch den leichten Freiraum und atmosphärische Nebenluft, gesteuert durch das Nebenluftsteuerventil 98) tragen dazu bei, die Mischung in dem Ansaugdurchgangsweg 79 stöchiometrisch zu gestalten. Nebenbei gesagt ist in den Figuren 25 bis 27 das Leerlaufgeschwindigkeitssteuerventil 93, das im Bypass an dem Drosselventil 86 vorbeiführt, nicht dargestellt.

Wenn sich das Drosselventil 86 leicht von seiner Leerlaufposition a in eine leicht geöffnete Position b hinein öffnet, wie in Figur 26 dargestellt ist, wird der Betrag einer Luftströmung an dem Bereich B leicht erhöht, wenn der Betrag einer Luftströmung h₁ in dem Einlaßkanal 79 leicht erhöht wird, wenn sich der Kolben 78 noch nicht von seiner am weitesten nach vorne vorgeschobenen Position bewegt, da hierbei eine Zeitverzögerung vorhanden ist, bis sich der Kolben 78 bewegt, nachdem das Drosselventil 86 zu seinem Außerleerlauf-Zustand geöffnet wird. Demgemäß wird die Geschwindigkeit der Luftströmung in dem Einlaßkanal 79 erhöht.

Als Folge wird das Vakuum an dem Bereich B leicht erhöht. Andererseits wird, wenn der Kolben 78 leicht nach oben bewegt wird, der Vakuumbereich B leicht erhöht. Für



ein Bewegen des Kolbens 78 nach oben sollte die Feder 83 niedergedrückt sein. In Bezug hierzu tritt eine leichte Vakuumerrhöhung, entsprechend der Federkraft zum Niederdrücken der Feder 83, an dem Bereich B auf. Da diese Erhöhung relativ klein ist, wird vorgesehen, daß das Vakuum an dem Bereich B im wesentlichen konstant an irgendeiner Position des Kolbens 78 gehalten wird. Demzufolge wird der Betrag atmosphärischer Luft, die in die Leerlaufauslaßleitung 92 von dem Einlaßkanal 79 strömt, und zwar durch die Hauptdosierdüse 88, erhöht. Wenn der Betrag einer Strömung f durch die Leerlaufauslaßleitung 92 im wesentlichen konstant ist, da sie eine Schallströmung an dem Steuernadelventil 93 ist, wird die Menge an Kraftstoff, der in den Leerlaufauslaßkanal 92 strömt, erhöht, und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der Mischung, die zu einer Plenumkammer 32 ausströmseitig des Drosselventils 86 zugeführt wird, wird beibehalten, gerade obwohl die Menge einer Luftströmung h durch den Einlaßkanal 79 erhöht wird. Demzufolge wird, auf diese Art und Weise, eine hoch akkurate Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses unter Übergangsbedingungen durchgeführt, wenn sich die Maschine von einem Leerlauf- zu einem Außer-leerlauf-Zustand ändert.

Wenn das Drosselventil 86 weiter geöffnet wird, wie in Figur 27 dargestellt ist, wird die Menge einer Einlaßluft h durch den Einlaßkanal 79 ausströmseitig des Drosselventils 86 weiter erhöht und der Kolben 78 wird von seiner Leerlaufposition zurückgezogen. In diesem Fall wird das Vakuum an dem Bereich B groß genug, um eine Strömung atmosphärischer Nebenluft d und Kraftstoff e in den Einlaßkanal 79 hineinanzuziehen. Weiterhin ziehen sich, wenn die Drossel 86 weiter geöffnet wird, der Kolben 78 und die Nadelventil-Dosierstange 87 davon, die für die präzise Steuerung und Einstellung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Verbindung mit der Hauptdosierdüse 88 verantwortlich ist, weiter zurück, so daß das Vakuum an dem Bereich B im wesentlichen konstant bei irgendeiner Menge einer Luftströmung durch den Einlaßkanal 70 gehalten wird, was das am stärksten charakterisierende Merkmal einer Mischvorrichtung 31 (SU-Vergaser) eines solchen variablen Typs ist.

In dieser Stufe wird durch die Saugströmung i , die in den Ansaugkanal 79 durch die Hauptdosierdüse 88 hinein gezogen wird, die Menge atmosphärischer Nebenluft d und Kraftstoffs e erhöht, wenn das Drosselventil 86 weiter geöffnet wird, gerade wenn die Positionen des die Kraftstoffzufuhr e steuernden ersten

Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 und des Nebenluftsteuerventils 98 unverändert beibehalten werden. Wenn die Strömung i in den Einlaßkanal 79 durch die Hauptdosierdüse 88 hineingezogen wird, kann das Luft/Kraftstoff-Verhältnis stöchiometrisch aufgrund der Kombination des Nebenluftsteuerventils 98 und der Nadelventildosierstange 87 der Mischvorrichtung 31 beibehalten werden, was nachfolgend erläutert wird. Weiterhin kann durch die Vorsehung der Leerlaufauslaßleitung 92 das Luft/Kraftstoff-Verhältnis stöchiometrisch stabil in einer Übergangsperiode beibehalten werden, wenn sich das Drosselventil 86 leicht von seiner Leerlaufposition aus öffnet, allerdings wird keine Strömung i in den Einlaßkanal 79 über die Hauptdosierdüse 88 hinein gezogen.

Demgemäß wird atmosphärische Nebenluft zum Steuern der Menge an Kraftstoff zugeführt, und dessen Menge ist ziemlich klein verglichen mit der Menge an Einlaßluft h in dem Ansaugkanal 79. So besitzt die atmosphärische Nebenluft einen vernachlässigbaren Einfluß auf das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Ansaugkanal 79.

Wie vorstehend beschrieben ist, wird, bei dieser Erfindung, gerade unter den Übergangsbedingungen, eine Änderung von einem Leerlaufzustand zu einem Außer-Leerlauf-Zustand, wo das Drosselventil 86 nur leicht geöffnet ist, ein stöchiometrisches Kraftstoffverhältnis von $\lambda = 1$ beibehalten, da atmosphärische Luft, die in den Leerlaufdurchgangsweg 92 hinein entweicht, zu einer Erhöhung der Menge an Kraftstoff a beiträgt, wogegen herkömmliche Maschinen in solchen Fällen dazu tendieren, eine übermäßige Magermischung zuzuführen.

Nebenbei gesagt ist, zum Zwecke der Klarheit, die stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Mischung von $\lambda = 1$ durch das Verhältnis des tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu dem theoretischen, stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis definiert, d.h. $\lambda = F/F_c$, wobei F_c das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist (theoretisch), wogegen F das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist. Demgemäß wird bei einem stöchiometrischen Zustand "F" gegen " F_c " ersetzt und eine stöchiometrische Mischung ist immer " $\lambda = 1$ ", unabhängig der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs, d.h. des Verhältnisses zwischen Butan und Propan. Natürlich besitzt das Luft/Kraftstoff-Verhältnis für den stöchiometrischen Zustand von $\lambda = 1$ einen unterschiedlichen Wert, wenn das Verhältnis zwischen Butan und Propan unterschiedlich ist.

Zum Beispiel beträgt für 100% Propan das Luft/Kraftstoff-Verhältnis für eine stöchiometrische Mischung von $\lambda = 15,7$, wogegen für 100% Butan derselbe stöchiometrische Mischungs-Wert 15,5 beträgt. Obwohl dies nur eine leichte Differenz ist, ist das größere Problem dasjenige, daß dann, wenn sich das Verhältnis zwischen Butan und Propan unterscheidet, dabei eine große Differenz zwischen dem erforderlichen Volumen von Kraftstoff zum Erhalten einer stöchiometrischen Mischung von $\lambda = 1$ mit einer bestimmten Menge an Luft vorhanden ist.

Wie es ausreichend bekannt ist, ist das Zusammenwirken des Dosierstabs 87 mit der Dosierdüse 88 und der Leerlaufeinstellschraube 93 so ausgelegt, um eine Steuerung über das Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu schaffen, das zu den Motorbrennkammern 15 zugeführt wird. Dieser Typ einer Mischvorrichtung ist extrem effektiv beim Sicherstellen einer guten Kraftstoff/Luft-Kontrolle unter allen Fahrbedingungen aufgrund der Tatsache, daß das Vakuum in einem Drosselbereich des Vergasers vom variablen Venturi-Typ oder der Mischvorrichtung 31 im wesentlichen konstant bei irgendeinem Betrag einer Luftströmung durch den Einlaßkanal ist. Allerdings ermöglicht die Einstellung, die durch den Dosierstab 87 und die Hauptdosierdüse 88 und die Leerlaufeinstellschraube 93 vorgesehen ist, keine finiten Einstellungen, um die Variationen in dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis anzupassen, wie sie während einem normal laufenden Motor aufgrund einer Vielzahl von Faktoren auftreten können, insbesondere unter Übergangsbedingungen, wie dies vorstehend angegeben ist. Gerade kleine Variationen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses können signifikante Unterschiede in sowohl der Effektivität der Betriebsweise des katalytischen Wandlers 25 als auch der gesamten Steuerung der Abgasemissionen haben. Deshalb sind gemäß einem wichtigen Merkmal dieser Erfindung eine Anordnung zum Erzielen einer noch feineren Einstellung in dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis mittels einer Vorsteuerung bzw. Vorkontrolle der Menge an Kraftstoff, der zu der Dosierventilnadel 87 des Vergasers zugeführt ist, und eine Steueranordnung für eine solche Einstellung vorgesehen. Auf diese Weise kann eine indirekte Feinabstimmung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, was durch den konisch geformten Ventildosierstab 87 eingestellt wird, erhalten werden.

Diese Einstellung umfaßt eine Anordnung zum Mischen von Luft mit dem Kraftstoff, zugeführt zu der Kammer 89 des Vergasers 37. Hierbei ist eine Nebenluftöffnung 97

vorgesehen, die sich in die Luftreinigungseinrichtung 75 ausströmseitig des Filterelements 76 öffnet. Die Nebenluftöffnung 97 führt Luft zu einem Nebenluftsteuerventil 98 zu, das ein Ventilelement 99 umfaßt, das durch einen Schrittmotor 101 unter Steuerung der ECU 72 in einer Art und Weise betätigt wird, die beschrieben werden wird. Das Ventilelement 99 steuert die Strömung von Luft von der Einlaßöffnung 97 zu der Kammer 89 durch einen Nebenluftkanal 102. Als Folge wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis indirekt beeinflußt, wenn atmosphärische Luft in die Kammer 89 abgegeben wird, um die Menge an Kraftstoff zu erhöhen oder zu erniedrigen, der zu der Hauptdosierdüse 88 zugeführt wird. Da die Kammer 89 Kraftstoff zu sowohl der Hauptdosierdüse 88 als auch zu dem Leerlaufkreis über die Leitung 92 zuführt, wird auch das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in den Leerlaufkreis durch das Nebenluftventil 98 beeinflußt werden.

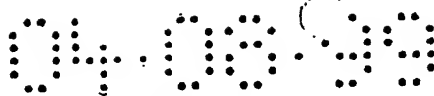
Nachfolgend wird die vorstehend angegebene Struktur, d.h. die Zwischenbeziehung des Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Einstellhauptsystems (gebildet durch den Ventilmadeldosierstab 87 und die Hauptdosierdüse 88), und ein langsames System (charakterisiert durch Nebenluft in eine Strömung aus Kraftstoff einströmseitig des Hauptsystems, durchgeführt durch das Nebenluftsteuerventil 89), was eines der Hauptaufgaben dieser Anmeldung bildet, in größerem Detail unter Bezugnahme auf die Figuren 21 bis 24 jeweils erläutert werden.

Grundsätzlich sollte das Luft/Kraftstoff-Verhältnis so nahe wie möglich stöchiometrisch während eines normalen Motorlaufs (nachdem die Start- oder Anwärmphase beendet ist) sein, wie dies bestimmt ist und ausschließlich mittels des Nadelventildosierstabs 87 und der Hauptdosierdüse 88 eingestellt ist, d.h. die axiale Position des Ventilmadeldosierstabs 87 des variablen Vergasers 31 vom Venturi-Typ. Demzufolge ist die konische Form des Dosierstabs 87 so ausgewählt, daß es möglich wird, das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis von $\lambda = 1$ (stöchiometrisch) unter heißen Motorzuständen bei irgendeinem Betrag einer Luftströmung in dem Ansaugkanal 79 beizubehalten, während die Ventilposition des die Kraftstoffzufuhr steuernden Nebenluftsteuerventils 98 im wesentlichen konstant gehalten wird, das die Menge an Kraftstoff vorab einstellt, der zu der Hauptdosierdüse 88 zugeführt wird, und soweit indirekt das Luft/Kraftstoff-Verhältnis beeinflußt. Figur 21 ist ein Diagramm, das die Zusammensetzung der Kraftstoff/Luft-Mischung in Verbindung mit einer Indikation der

Einrichtung offenbart, die zum Einstellen der Mischung verantwortlich ist. Der Ausdruck "Hauptsystem", wie er in dieser Figur 21 verwendet ist, bedeutet das "Haupt-einstellventil", nämlich den Ventilnadeldosierstab 87 und dessen zugeordnete Hauptdosierdüse 88, die damit startet, eine stöchiometrische Kraftstoff/Luft-Mischung zuzuführen, wenn sie von einem Leerlauf zu einem Außerleerlauf der Maschine umändert. Die Menge an Nebenluft für die Kraftstoffzufuhrsteuerzwecke ist sehr klein im Hinblick einer Einstellung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, und insbesondere ist die Menge an Nebenluft zu gering verglichen mit der Menge an atmosphärischer Luft, die durch den Ansaugkanal 79 gesaugt ist, um im wesentlichen die gesamte Menge von Luft, gemischt mit Kraftstoff, zu beeinflussen. Allerdings nimmt das Nebenluftsteuerventil 98 ein Ausgangssignal des Sauerstoffsensors 106 auf, der in der Abgasanordnung angeordnet ist, um die Einstellung des erwünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mittels der Menge an Kraftstoff, die zu dem "Hauptsystem" des Vergasers 31 zugeführt ist, zu beeinflussen. Demzufolge wird die Menge an Kraftstoff in der Kraftstoffkammer 89 in einem bestimmten Umfang in Abhängigkeit von der Vorsehung und dem Betrieb des anderen Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91, was Motorumgebungsbedingungen kompensiert, einschließlich einer Kraftstoffzusammensetzung, durch das Nebenluftsteuerventil 98 gesteuert.

Um die vorhandene Übereinstimmung zwischen dem Diagramm der Figur 21 und der vorstehend diskutierten Strömungsbedingung in dem Bereich der Mischvorrichtung 31 darzustellen, wie in den Figuren 25 bis 27 dargestellt ist, sollte angemerkt werden, daß die Menge einer Ansaugluft, die durch die Hauptdüse strömt, wie dies von dem Flächenbereich linksseitig der Ordinate und unterhalb der Abszisse in Figur 21 ableitbar ist, der Menge an atmosphärischer Luft c entspricht, die durch die Hauptdosierdüse 88 angesaugt wird. Die Ordinate der Figur 21 bezeichnet den Wendepunkt von den Bedingungen der Figur 26 zu denjenigen der Figur 27 (weitere Öffnungen des Drosselventils 86), d.h. der linksseitige Bereich von der Ordinate stellt eine Situation dar, wie sie in Figur 26 dargestellt ist, während der rechtsseitige Bereich von der Ordinate eine Situation darstellt, wie sie in Figur 27 gezeigt ist.

Wie in Figur 24 dargestellt ist, wobei a) einen Zustand anzeigt, in dem der Sauerstoffsensor 106 nicht ein Signal ausgibt, während b) die Entlüftung bzw. das Ausströmen zusätzlicher Luft in die Hauptkraftstoffkammer 89 darstellt, wenn das



Nebenluftsteuerventil 98 ein Signal aufnimmt, das einen angereicherten Zustand der Mischung anzeigt (übermäßiger Kraftstoff), wobei Luft, die über den Nebenluftkanal 102 ausströmt, zu einer erhöhten Menge an Luft führt, und entsprechend zu einer erniedrigten Menge an Kraftstoff, wenn das Nebenluftsteuerventil 98 von einem Schrittwert von 50 auf 55 geöffnet wird, und vice-versa. In dem angereicherten Zustand, wie in der rechtsseitigen Darstellung b der Figur 24 dargestellt ist, wird, da der Öffnungsbereich des ringförmigen Freiraums zwischen dem Dosierstab 87 und der Hauptdüse 88 kleiner als der gesamte Öffnungsbereich ist, der der Summe des minimalen Öffnungsbereichs des Nebenluftsteuerventils 98 und des minimalen Öffnungsbereichs des ersten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 entspricht, die Menge an Kraftstoff erniedrigt, wenn die Menge an Nebenluft bzw. Zufuhrluft erhöht wird. Figur 23 stellt beispielhaft die Effekte der Vorsehung des Entlüftungsventils 98 in Verbindung mit der variablen Hauptdüse 88 dar, und, insbesondere, die Vorsehung des die Motorumgebungsbedingungen kompensierenden ersten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91, das so angeordnet ist, um die Strömung an Kraftstoff durch die Hauptkraftstoffkammer 89 einströmseitig der Öffnung des Nebenluftkanals 102 zu steuern. Unter Berücksichtigung, daß der Öffnungsflächenbereich von "C" klein verglichen mit dem gesamten Öffnungsflächenbereich von "A" und "C" ist, wird die gesamte Menge von "A" (Nebenluft) und "C" (Kraftstoff) durch "B" (Hauptsystem 87, 88) reguliert.

Wenn die Zufuhr von Kraftstoff von "C" (reguliert durch das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91) erhöht wird, wird die Menge an Nebenluft von "A" (von dem Nebenluftsteuerventil 98) erniedrigt und die Menge einer Kraftstoffzufuhr von "B" (Hauptdosierdüse 88, Ventilnadeldosierstab 87) wird erhöht. Genauer gesagt ist es in diesem Fall nicht notwendig, den Öffnungsflächenbereich von "C" gemäß dem Öffnungsflächenbereich von "B" zum Steuern der Menge einer Kraftstoffzufuhr unter diesem Zustand ($B < (A + C)$) durch Einführen einer Nebenluft-Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses (die Rückkopplungssteuerung ist auf dem Ausgang des Sauerstoffsensors 106 basierend, um das Nebenluftsteuerventil 98 zu versorgen), zu ändern, wobei dies schnell erreicht wird.

Da der Nebenluftkanal 102, der das Nebenluftsteuerventil aufweist, separat von dem Kraftstoffkanal (der Kanal 62) vorgesehen ist und $A < (A + C)$ gilt, ist es nicht

notwendig, den Öffnungsflächenbereich von "C" gemäß dem Öffnungsflächenbereich von "B" (die Menge einer Luftströmung in dem Ansaugkanal 79) zu ändern, um die Menge einer Kraftstoffzufuhr zu steuern.

In diesem System wird, wenn die Zufuhr an Nebenluft von "A" (von dem Nebenluftsteuerventil 98) basierend auf dem Signal von dem Sauerstoffsensor 106 gesteuert wird, die Menge einer Kraftstoffzufuhr von "C", nämlich die Menge einer Kraftstoffzufuhr von "B" (Hauptdosierdüse 88, Ventilnadeldosierstab 87), ohne Ändern des Öffnungsflächenbereichs von "C" bei irgendeinem Öffnungsflächenbereich von "B" (bei irgendeiner Menge an Luft in dem Ansaugkanal 79) gesteuert. Als Folge wird die Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses (die Rückkopplungssteuerung ist auf dem Ausgang des Sauerstoffsensors 106 basierend) schnell erreicht. Wenn ansonsten das System ohne Nebenluft in die Strömung des Kraftstoffs einströmseitig der Hauptdosierdüse 88 (Figur 23b) aufgebaut werden würde und das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 so ausgelegt werden würde, um durch ein Signal von dem Sauerstoffsensor 106 gesteuert zu werden, würde es notwendig sein, den Öffnungsflächenbereich von "C" (erstes Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91) zu ändern, um dem Öffnungsflächenbereich von "B" zu folgen. Genauer gesagt würde es zum Steuern der Menge an Kraftstoff, der zugeführt wird, erforderlich sein, den Öffnungsflächenbereich von "C" (Ventil 91) zu ändern, wenn der Öffnungsflächenbereich von "B" (Hauptdosierdüse 88) geändert würde, was zu einer Verzögerung einer Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses führt. Wenn nämlich der Öffnungsflächenbereich von "B" geändert werden würde, würde es notwendig sein, den Öffnungsflächenbereich von "C" zu ändern, um den Öffnungsflächenbereich von "C" geringer als den Öffnungsflächenbereich von "B" vor einer Steuerung der Menge an Kraftstoff auf der Basis eines Signals zu halten, das von dem Sauerstoffsensor 106 zugeführt ist.

Nachfolgend wird in Verbindung mit dem vorstehend angegebenen System ein anderer bevorzugter und wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung erläutert werden, nämlich die Zwischenbeziehung zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftstoffzufuhrventil 91, 98, im Hinblick auf die Operation der Mischvorrichtung 31 vom variablen Venturi-Typ.

Die Nadelventildosierstange 87 besitzt nämlich in Verbindung mit der

Hauptdosierdüse 88 eine Konfiguration, die ein Beibehalten des erwünschten, stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses während eines normalen Maschinenlaufs (Bedingung $\lambda = 1$) mit einem im wesentlichen konstanten Schrittwert (Öffnungsgrad) des Nebenluftsteuerventils 98 bei irgendeinem Betrag einer Luftströmung in dem Ansaugkanal 79 ermöglicht, nämlich an irgendeiner Position der Dosierstange 87, d.h. der Durchschnitt des Schrittwerts für die Rückkopplungssteuerung des Nebenluftsteuerventils 98 ist im wesentlichen konstant bei irgendeiner Menge an Einlaßluftströmung durch den Einlaßkanal 79, wie dies in Figur 22 erläutert ist (siehe auch Figur 20). Wie bereits erwähnt wurde, steuert das Nebenluftsteuerventil 98 die Menge an Nebenluft auf der Basis eines Signals von dem Sauerstoffsensor 108.

Demzufolge fluktuiert, wie in Figur 20 vorstehend dargestellt ist, der tatsächliche Schrittwert oder ändert sich leicht basierend auf dem Signal von dem Sauerstoffsensor 106, allerdings ist dessen Durchschnitt im wesentlichen konstant. Das bedeutet, daß, wie in Figur 22 dargestellt ist, die Ventilmadeldosierung 87 und die Hauptdosierdüse 88 so konfiguriert sind, daß das erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis (Bedingung $\lambda = 1$) mit im wesentlichen konstanten Schrittwert (Durchschnitt) des Nebenluftsteuerventils bei irgendeinem Betrag einer Einlaßluftströmung beibehalten wird. Wie in Figur 22 dargestellt ist, wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis konstant gehalten, was denselben Schrittwert beibehält, d.h. 50 in Figur 22, ungeachtet der unterschiedlichen, bestehenden Lastbedingungen und Positionen des Drosselventils 86 und des Kolbens 78. Dies wird mittels der Rückkopplungssteuerung des Nebenluftsteuerventils 98 erreicht, d.h. der Öffnungsflächenbereich davon, in Abhängigkeit von dem Ausgang des Sauerstoffsensors 106.

Demzufolge wird, gemäß dieser Kombination von Elementen der vorliegenden Erfindung, eine hoch akkurate und, besonders wichtig, eine hoch ansprechende Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung erreicht, da

- a) die Nadelventildosierstange 87 in Verbindung mit dem Hauptdosierstrahl 88 so konfiguriert ist, um ein Beibehalten des erwünschten, stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bei irgendeinem Betrag einer Einlaßluftströmung durch den Einlaßkanal 79 mit im wesentlichen konstanten Schrittwert (Öffnungsgrad) des Nebenluftsteuerventils 98 zu ermöglichen, und
- b) ein Steuern des Schrittmotors 101 von dem Konstantschrittventil (ein

durchschnittlicher Mittelwegswert von 50 wird als der im wesentlichen konstante Schrittwert für die Steuerung des Schrittmotors 101 des Nebenluftsteuerventils 98 ausgewählt) gestartet wird, wenn der Sauerstoffsensor 106 ein Signal ausgibt, das den Betrag einer notwendigen Bewegung des Nebenluftsteuerventils 98 so gestaltet, daß es minimal ist, so daß eine schnelle Ansprechcharakteristik des Nebenluftventils 98, um den erwünschten Schrittwert einzustellen, erhalten wird.

Weiterhin stellt Figur 20 auch die Zwischenbeziehung zwischen der Operation des ersten und des zweiten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91, 98 dar, nämlich daß das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91, das Maschinenumgebungsbedingungen kompensiert, einschließlich sich variierender Zusammensetzungen des Kraftstoffs, der verwendet wird, auch dahingehend effektiv ist, um größere Änderungen des Durchschnittsschrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 zu kompensieren, vorab eingestellt auf einen Schrittwert von 50 (mittlere Ventilposition). Nach einem Auftreten einer Änderung des Schrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 von 50 auf 60 wird der Schrittwert zum Steuern des Schrittmotors des ersten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 entsprechend reduziert, um die Menge eines Kraftstoffs, die in die Hauptkraftstoffkammer 89 zugeführt werden soll, zu erhöhen, was ermöglicht, daß der Schrittwert des Nebenluftsteuerventils 98 auf seinen vorab eingestellten Wert von 50 zurückkehrt. Wenn eine andere Abweichung von dem durchschnittlichen, vorab eingestellten Schrittwert auf der Seite des Nebenluftsteuerventils 98 auftritt, findet eine andere, kompensierende Einstellung des ersten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 statt, wie von Figur 20 ableitbar ist. Das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 steuert nämlich die Menge an Kraftstoff, die zu der Kraftstoffkammer 89 zugeführt wird, so daß der Durchschnitt des Schrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 bei dem vorab eingestellten Schrittwert 50 beibehalten wird und Kraftstoff für die stöchiometrische Mischung zu dem Ansaugkanal 79 zugeführt wird.

Die Vorsehung des ersten Kraftstoffsteuerzufuhrventils 91 ermöglicht auch eine akurate Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, gerade wenn verschiedene Formen von gasförmigen Kraftstoffen verwendet werden, da ein breiter Steuerbereich für eine Abhängigkeit von dem Signal von dem Sauerstoffsensor und zum Kompensieren für andere Ereignisse beibehalten wird. Demzufolge kann das Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei $\lambda = 1$ beibehalten werden, gerade wenn sich die

Maschinenumgebungsbedingungen, wie sie vorstehend angegeben sind, ändern. Wenn das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 nicht vorgesehen werden würde, würde der Steuerbereich des Nebenluftsteuerventils 98 beträchtlich schmal werden und das Ansprechverhalten für die Steuerung würde schlecht werden, wenn sich die Maschinenumgebungscharakteristika ändern, wie in dem Fall, daß der Schrittwert des Nebenluftsteuerventils 98 zum Beibehalten einer stöchiometrischen Bedingung ($\lambda = 1$) zu der vollständig geöffneten Seite oder der vollständig geschlossenen Seite bewegt werden würde, und die Nebenluftzufuhrsteuerung würde auf diesem sich variierenden Wert begründet werden.

Demzufolge wird das Nebenluftsteuerventil 98 basierend auf dem Signal von dem Sauerstoffsensor 106 betätigt (der Schrittwert fluktuiert um den Durchschnittswert herum, wie in der oberen Kurve der Figur 20 dargestellt ist), und das erste Kraftstoffsteuerventil 91 wird zum Kompensieren des Betrags an Kraftstoff, der zu der die Beladung bildenden Vorrichtung zugeführt wird (Vergaser 31), betätigt, und zwar in Abhängigkeit von den Maschinenlauf- und/oder Umgebungsbedingungen einschließlich sich variierender Zusammensetzungen des Kraftstoffs, der verwendet ist. Zusätzlich hierzu stellt das Kraftstoffsteuerventil 91 die Menge an Kraftstoff in Abhängigkeit von der Maschinenumgebungsbedingung (oder eventuell auch in Abhängigkeit von anderen Faktoren) ein, so daß der Durchschnitt des Schrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 im wesentlichen konstant beibehalten wird. Wie in Figur 20 dargestellt ist, ist dabei eine Rückkopplungssteuerung zwischen den zwei Ventilen 91 und 98 dahingehend vorhanden, daß das erste Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91 auch in Abhängigkeit von einer Bewegung des Ventiltails des Steuerventils 98 betätigt wird. Die kompensierende Funktion des ersten Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 im Hinblick auf sich variierende Maschinenumgebungsbedingungen führt dazu, daß der Durchschnitt des Schrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 im wesentlichen konstant ist.

Unter plötzlichen Verzögerungen, die durch ein schnelles Schließen des Drosselventils 86 verursacht sind, wenn die Maschine 91 unter hoher Geschwindigkeit läuft, wird der Kraftstoff, der in die Verbrennungskammer hineingezogen wird, nicht vollständig verbrannt werden, allerdings wird er in den katalytischen Wandler auch abgegeben werden. Dieser Kraftstoff wird dann durch den Katalysator verbrannt werden und Übertemperaturbedingungen verursachen, um den Katalysator zu verlassen. Um

dies zu vermeiden, ist ein Kraftstoffabsperrventil vorgesehen, das allgemein mit dem Bezugszeichen 103 bezeichnet ist, das atmosphärische Luft von einer Quelle, wie beispielsweise durch ein Filterelement 104 oder von der Luftreinigungseinrichtung 75 ausströmsseitig des Filterelements 76, anzieht, und führt sie in die Kammer 89 durch einen Durchgangsweg 105 hinein. Wenn eine schnelle Verzögerungsbedingung gefühlt wird, wie dies durch die Erhöhung in dem Vakuum gefühlt werden kann, und zwar in dem Ansaugkanal, wie dies beispielsweise durch einen Vakuumschalter 114 gefühlt wird, wird das Kraftstoffabsperrventil 103 durch die ECU 72 geöffnet werden. Dies wird bewirken, daß Luft, im Gegensatz zu Kraftstoff, in das Ansaugsystem hinein über die Hauptdosierdüse 88 und die Leerlaufdüse 94 gezogen wird und demzufolge die Zufuhr von Kraftstoff zu der Maschine unter diesen Bedingungen absperrt oder reduziert (um so zu verhindern, daß der Katalysator beschädigt wird).

Es ist Bezug auf die Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und die Betriebsweise des Nebenluftventils 98 genommen worden. Wie vorstehend angegeben ist, wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in der dargestellten Ausführungsform mittels des Sauerstoffsensors 106 bestimmt, der in dem Auslaßverteiler 23 unmittelbar ausströmsseitig dessen Auslasses 24 zu dem katalytischen Wandler 25 positioniert ist. Der Sauerstoffsensor 106 ist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung von dem Typ, der als λ -Sensor bekannt ist, der fühlt, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis entweder stöchiometrisch ist oder auf der mageren oder angereicherten Seite ist, wobei die Ausgangsspannung davon wesentlich geändert wird, wenn die Mischung stöchiometrisch ist. Dieses Signal ist für den Sauerstoff in den Abgasen indikativ. Wenn kein Sauerstoff vorhanden ist, ist bekannt, daß diese Maschine unter einer angereicherteren Mischung als eine stöchiometrische Mischung läuft, und der Sensor 106 wird ein Signal ausgeben. Wenn dabei kein Ausgangssignal von dem λ -Sensor 106 vorhanden ist, dann ist bekannt, daß die Mischung auf der stöchiometrischen oder der mageren Seite arbeitet, wie dies bevorzugt ist.

Die Maschine 11 ist auch mit einem EGR-System zum Steuern von NO_x -Emissionen versehen und dieses umfaßt ein EGR-Ventil, das allgemein mit dem Bezugszeichen 107 bezeichnet ist, das die Strömung von Abgasen durch eine EGR-Leitung 108 steuert, die von dem Auslaßverteiler 23 zurück zu der Plenumkammer 33 des Einlaßverteilers 32 durch eine zweite EGR-Leitung 109 führt. Das EGR-Ventil 107 kann in



irgendeiner geeigneten Art und Weise und mittels irgendeiner geeigneten Strategie gesteuert werden. Wie auch von den Figuren 13 und 14 ableitbar ist, ist es in jedem Fall bevorzugt, den heißen Motor mit einer stöchiometrischen Mischung ($\lambda = 1$) zu betreiben, um schädliche Emissionen zu minimieren, während unter den Maschinenwarmlauf- und Kaltstartbedingungen eine magere Mischung zuzuführen ist.

Wie bereits angemerkt worden ist, steuert die ECU 72 eine Anzahl von Komponenten der Maschine, einschließlich des Unterkraftstoff-Zufuhrventils 64, des Leerlaufsteuerventils 96, des Kraftstoffabsperrventils 103, des Kraftstoffsteuerventils 91 und des Nebenluftventils 98. Zusätzlich ist dort ein Leerlaufkraftstoff-Absperrventil 111 vorgesehen, das die Strömung durch die Leerlaufauslaßleitung 92 steuert, um die Strömung des Leerlaufkraftstoffs unter bestimmten Bedingungen abzusperren, wie beschrieben werden wird. Dieses Ventil wird auch durch die ECU gesteuert. Das Ventil 111 funktioniert so, um grundsätzlich denselben Effekt wie das Kraftstoffabsperrventil 103 zu erreichen, und unter manchen Bedingungen ist es nicht notwendig, sowohl das Leerlaufabsperrventil 111 als auch das Kraftstoffabsperrventil 103 zu versorgen.

Bestimmte Umgebungs- und Maschinenlaufbedingungen werden zu der ECU 72 zugeführt, um deren Steuerstrategie auszuführen. Diese Eingänge sind, zum Beispiel, für die Drosselposition, wie sie durch einen Drosselpositionssensor (nicht dargestellt) geliefert wird, die Maschinenkühlmitteltemperatur, wie sie durch einen Kühlmitteltemperatursensor 112 zugeführt wird, der sich in den Wassermantel 28 der Maschine hinein erstreckt, die Motorgeschwindigkeit, wie sie durch einen Maschinengeschwindigkeitssensor (nicht dargestellt) geliefert wird, der Ausgang von dem λ -Sensor 106 und die Abgastemperatur, wie sie durch einen Abgastemperatursensor 113 geliefert wird, der sich in den katalytischen Wandler 25 hinein erstreckt, der nicht nur die Maschinenabgastemperatur anzeigt, sondern auch die Temperatur, unter der der Wandler 25 arbeitet, indikativ. Dabei ist weiterhin ein Vakuumsensor oder ein Schalter 114 vorgesehen, der ein Einlaßverteiltervakuum ausströmseitig des Drosselventils 86 fühlt und sein Signal zu der ECU abgibt. Zusätzlich zu diesen angeführten Sensoren können verschiedene andere Umgebungs- und Laufzustände gefühlt werden und zu der ECU 72 für deren Maschinensteuerung und -betrieb eingegeben werden.

Ein Steuerprogramm zum Betreiben der Maschine 11 der Ausführungsform der Figur

1 während eines anfänglichen Startens wird nun unter Bezugnahme auf die Figuren 2A und 2B beschrieben werden.

Ein grundsätzliches Ziel des Verfahrens gemäß dieser Erfindung beruht in der Lehre, die Maschine während eines Kurbelns und eines Maschinenaufwärmens zu betreiben, bis der katalytische Wandler 25 und/oder der Sauerstoffsensor 106 auf deren Arbeitstemperatur (was die Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses triggert) erwärmt ist/sind, mit einer übermäßigen Menge an Luftzufuhr, um einen Betrieb mit einer mageren Mischung und ein schnelles Aufwärmen des katalytischen Wandlers 25 und des Sauerstoffsensors 106 sicherzustellen.

Genauer gesagt ist, wie mit einer mit gasförmigem Kraftstoff betriebener Maschine, dabei kein Problem einer Kraftstoffkondensation in dem Ansaugsystem vorhanden, wobei stabile Maschinenlaufbedingungen gerade unter einem Kaltstartbetrieb ohne eine Zufuhr von zusätzlichem Kraftstoff unter Startbedingungen erhalten werden können, was ernsthafte Emissionsprobleme verursachen würde. Demzufolge wird bei der vorliegenden Erfindung eine Mischung, die magerer als stöchiometrisch ist, zugeführt, insbesondere bei der ersten Leerlaufposition (nachdem ein Kurbeln vorüber ist und ein erstes Zünden auftritt), was eine stabil laufende Maschine beibehält. Natürlich kann dies auch bedeuten, daß bei der ersten Leerlaufoperation das Leerlaufgeschwindigkeits-Steuerventil 96 zum Einführen einer zusätzlichen Mischung in die Verbrennungskammer der Maschine zum Beibehalten einer hohen Leerlaufgeschwindigkeit verglichen mit dem normalen Maschinenbetrieb geöffnet wird, allerdings das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der Mischung auf der mageren Seite (magerer als stöchiometrisch) beibehalten wird. Auf diese Art und Weise wird der katalytische Wandler 25 schnell auf seine vollständig aktivierte Arbeitstemperatur erhitzt, nachdem derselbe teilweise aktiviert worden ist und auch auf seine teilweise aktivierte Temperatur gebracht ist. Demgemäß wird die Zeit, bis der Katalysator 25 teilweise und vollständig aktiviert ist, verkürzt, da der Katalysator 25 schnell durch Verbrennen von nicht verbranntem Kraftstoff in den Katalysator 25 mit einem Überschuß an Sauerstoff in der mageren Mischung erwärmt wird. Da die Wärmekapazität des Katalysators 25 größer als diejenige des Sauerstoffsensors 106 ist, wird der Katalysator 25 vollständig aktiviert, nachdem der Sauerstoffsensor 106 auf eine Temperatur erhitzt ist, die ihm ermöglicht, ein Signal auszugeben. In Bezug hierauf ermöglicht eine



Verkürzung der Zeit, bis der Katalysator 25 teilweise aktiviert ist und derselbe vollständig aktiviert ist, den Katalysator 25 mit einer hohen Effektivität zu verwenden, wenn einmal der Sauerstoffsensor 106 damit beginnt, ein Signal auszugeben (er startet nämlich schnell, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei stöchiometrisch durch die Rückkopplungssteuerung beizubehalten).

Ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis, das zu einer Sauerstoffkonzentration in dem Abgas von ungefähr 1% führt (d.h. ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis von ungefähr 16,5 (λ ungefähr 1,01, wobei λ definiert ist als $\lambda = F/F_c$, wobei hier F das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis bedeutet und F_c das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis bedeutet)), ist wünschenswert. Es kann den katalytischen Wandler auf dessen Betriebstemperatur (teilweise aktiviert) und auf seinen vollständig aktivierten Zustand schnell erwärmen.

Der Sauerstoffsensor 106 ist auf der Einströmseite des Katalysators 25 in Figur 1 vorgesehen. Im Gegensatz dazu ist es akzeptierbar, den Sauerstoffsensor 106 an der Ausströmseite des Katalysators 25 vorzusehen (oder zwischen einer Vielzahl von Katalysatoren). In diesem Fall würde die Zeit, bis der Sauerstoffsensor 106 auf eine Temperatur aufgeheizt ist, die ihm ermöglicht, ein Signal auszugeben, verkürzt werden, da unverbrannter Kraftstoff in dem Katalysator mit dem überschüssigen Sauerstoff verbrannt werden würde, was schnell die Temperatur des Abgases erhöht, das durch den Katalysator zu dem Sauerstoffsensor hin strömt.

Die Figuren 2A, 2B, die dem Diagramm eines Motorstartens entsprechen, wie in Figur 13 dargestellt ist, zeigen ein Blockdiagramm eines Steuerprogramms, wobei die ECU 72 mit einer Liste versehen ist, die nur die Beziehung zwischen einem Maschinenlaufzustand (zum Beispiel Maschinengeschwindigkeit und Ansaugdruck) und dem Schrittwert für das Nebenluftsteuerventil 98 bei der Kurbelperiode, wie in Figur 17 gezeigt ist, darstellt. Das bedeutet, daß in dieser Ausführungsform keine Auflistungen in der ECU vorhanden ist, die die Beziehung in anderen Maschinenlaufbedingungen darstellt.

Speziell unter Bezugnahme nun auf die Figuren 2A, 2B geht, wenn das Programm gestartet wird, dieses zu dem Schritt S-1, um zu bestimmen, ob der Zündschalter für die Maschine eingeschaltet ist. Wenn der Zündschalter nicht eingeschaltet ist, kehrt das Programm offensichtlich zu einem Start zurück. Wenn allerdings der

Zündschalter dahingehend bestimmt wird, daß er im Schritt S-1 eingeschaltet ist, geht das Programm zu dem Schritt S-2 über, um den Schrittmotor 101 des Nebenluftventils 98 zu initialisieren oder zu schließen.

Es sollte angemerkt werden, daß der Schrittmotor 101 des Nebenluftventils 98 bei einer Vielzahl von Geschwindigkeiten arbeiten kann. Je schneller die Geschwindigkeit ist, desto schneller wird die Einstellung des Ventils 98 vorgenommen. Wie in Figur 15 dargestellt ist und später beschrieben werden wird, wird die Schrittgeschwindigkeit bei einem ersten, niedrigeren Geschwindigkeitsverhältnis betätigt, wenn die Maschine unter Leerlauf betrieben wird, bei einem schnelleren Geschwindigkeitsverhältnis, wenn die Maschine bei einem Außerleerlauf betrieben wird. Während eines anfänglichen Startens der Maschine wird der Schrittmotor 101 bei seiner maximalen Geschwindigkeit betrieben, um so anfänglich das Nebenluftsteuerventil 98 so schnell wie möglich zu öffnen und um es dann zu einer vorbestimmten Position zu bewegen. Es sollte angemerkt werden, daß zu dieser Zeit die Position des Hauptkraftstoffsteuerventils 91 an der einen beibehalten wird, die verwendet wurde, bevor die Maschine gestoppt wurde. Das Kraftstoffabsperrventil 103 wird geschlossen und das Leerlaufabsperrkraftstoffventil 111 wird zu diesem Zeitpunkt geöffnet. In einer ähnlichen Art und Weise wird das Leerlaufgeschwindigkeitssteuerventil 96 bei der vorbestimmten Position entsprechend einer Kühlwassertemperatur eingestellt, um so die Leerlaufgeschwindigkeit einzurichten. Zusätzlich wird das Kraftstoffzufuhrventil 64 in einer geschlossenen Position gehalten. Dies ist ein wichtiges Merkmal dieser Erfindung, da, im Gegensatz zu herkömmlichen Maschinen, es ein Merkmal der Erfindung ist, daß keine Anreicherung während eines anfänglichen Kurbelns oder eines Startvorgangs vorgesehen wird, ungeachtet der Umgebungsbedingung.

Mit herkömmlichen Maschinen, und insbesondere solchen, die mit flüssigen Kraftstoffen arbeiten, ist es notwendig geworden, eine zusätzliche Kraftstoffanreicherung während eines Kurbelns aufgrund des Problems einer Kraftstoffkondensation in dem Ansaugsystem und gerade in der Verbrennungskammer vorzusehen. Allerdings ist dies mit einem gasförmigen Kraftstoff kein Problem und es wird sichergestellt werden, daß die erwünschte Kraftstoff/Luft-Mischung in der Verbrennungskammer 15 vorhanden sein wird, nämlich das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der Mischung, die in die Verbrennungskammer hinein zugeführt wird, ist immer dieselbe wie diejenige der

Mischung, die an der Mischvorrichtung 31 gebildet wird, gerade unter einem Kaltstarten. Unter einem Starten wird das Schrittventil des Nebenluftsteuerventils 98 so eingestellt, um eine Mischung zu liefern, die magerer als stöchiometrisch ist, wenn zu-erst gestartet wird.

Diese Zufuhr einer mageren Mischung (magerer als stöchiometrisch) bei einem ersten Leerlaufbetrieb (nachdem ein erstes Verbrennen aufgetreten ist) ist besonders wichtig dahingehend, daß herausgefunden worden ist, daß eine solche magere Mischung, während ein stabiler Maschinenlauf sichergestellt wird, bewirken wird, daß der Katalysator 25 schnell auf seine Betriebstemperatur erwärmt wird, wenn der Katalysator 25 teilweise aktiviert wird (siehe Figur 19). Weiterhin ist es nicht notwendig, zusätzlichen Kraftstoff zuzuführen, wie dies in einigen herkömmlichen Maschinen erforderlich ist, da eine Kondensation in dem Ansaugsystem nicht auftritt.

Das Programm geht dann zu dem Schritt S-3 über, um zu bestimmen, ob der Schrittmotor 101 initialisiert wird. Falls dies nicht der Fall ist, fährt das Programm fort, zu wiederholen, bis bestimmt wird, daß der Schrittmotor 101 initialisiert ist. Falls dies nicht der Fall ist, fährt das Programm fort, um zu wiederholen, bis bestimmt wird, daß der Schrittmotor 101 initialisiert ist und das Nebenluftventil 98 vollständig geöffnet ist. Wenn dies bestimmt wird, geht das Programm dann zu dem Schritt S-4 über, um den Schrittmotor 101 zu betätigen, um so das Nebenluftventil 98 zu seiner anfänglichen Einstellung "a" bei maximaler Geschwindigkeit zu betätigen.

Das Programm geht dann zu Schritt S-5 über, wo Maschinenparameter, wie beispielsweise Ansaugsystemdruck und Maschinengeschwindigkeit, durch die jeweiligen Sensoren, die vorstehend angeführt sind, gelesen werden, und ein anderer Wert "b" für das Nebenluftventil 98 wird in Abhängigkeit von diesen Parametern ausgewählt. Der Wert "b" ist geringfügig größer als der Wert "a", um mehr Nebenluft zu liefern, und wird so ausgewählt, um sicherzustellen, daß dort adäquater Kraftstoff zum Starten vorhanden ist, allerdings eine Mischung, die magerer als stöchiometrisch ist.

Das Programm geht dann zu Schritt S-6 über, um so tatsächlich den Schrittmotor 101 zu positionieren, um das Nebenluftventil 98 in den Zustand "b" zu versetzen, wie dies durch eine Liste bestimmt ist, die in Figur 17 dargestellt ist, nur für anfängliche Leerlaufstartbedingungen, basierend auf einem Ansaugsystemdruck und einer Maschinengeschwindigkeit. Das Programm geht dann zu Schritt S-7 über, um zu



bestimmen, ob die Maschinengeschwindigkeit größer als ein vorbestimmter Wert, wie beispielsweise 400 U/min, ist. Dies ist eine Geschwindigkeit, die leicht höher als die Kurbelgeschwindigkeit der Maschine ist, und wird anzeigen, daß ein erstes Verbrennen der Ladung in der Verbrennungskammer 15 sichergestellt worden ist. Falls dies nicht der Fall war, kehrt das Programm zu Schritt S-5 zurück.

Wenn allerdings in Schritt S-7 bestimmt worden ist, daß die Maschinengeschwindigkeit oberhalb von 400 U/min liegt und deshalb ein Laufen der Maschine sichergestellt ist, daß nämlich ein erstes Verbrennen auftrat, geht das Programm dazu über, den Schritt S-8 zu stoppen, um das Nebenluftventil 98 in einem Wert "c" einzustellen, der größer als die vorstehend erwähnten Werte für eine stöchiometrische Mischung ist und was demzufolge eine größere Luftströmung und eine magerere Luft/Kraftstoff-Mischung von den Vergaserauslaßkanälen liefert.

Dieser Wert "c" wird von der vorprogrammierten Liste der ECU 72 bestimmt. Dieser Wert "c" ist auf dem Diagramm der Figur 4 dargestellt, die die verschiedenen Steuerbereiche anzeigt. Der Wert "c" kann, zum Beispiel, ein Schrittwert von 55 sein, er wird in den Steuerbereichen als "HLD 55" verwendet, was geringfügig mehr als die Hälfte des Öffnungswegs der vollständigen Bewegung des Nebenluftventils 99 ist, wobei der gesamte Bereich dahingehend betrachtet wird, daß er 100 ist. Diese Semi-Mittelbereichsbedingung wird so ausgewählt, um sicherzustellen, daß die Nebenluftventilanordnung 98 einen vollen Bereich einer Bewegung innerhalb der kürzesten Zeitperiode haben wird, um so die erwünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnissteuerung unter allen Bedingungen der Maschine und Umgebungsbedingungen, die verzögert sind, zu schaffen, was eine ausgezeichnete Ansprechcharakteristik des Nebenluftsteuerventils 98 sicherstellt, wenn das Erfordernis für Änderungen entsteht (siehe zum Beispiel Figur 20).

Es sollte angemerkt werden, daß zu diesem Zeitpunkt der Betrieb des Leerlaufuftsteuerventils 96 initiiert wird, um so sicherzustellen, daß die Leerlaufgeschwindigkeit der Maschine konstant bei der vorprogrammierten, erwünschten Leerlaufgeschwindigkeit beibehalten wird, die in der ECU 36 enthalten ist. Das Programm geht dann zu Schritt S-9 über, um so den Schrittmotor 101 zu betätigen, um das Nebenluftventil 99 der Nebenluftsteuerung 98 in der Position des Werts "c" zu plazieren. Das Programm geht dann zu dem Schritt S-10 über, um zu bestimmen, daß die Maschine

noch unter Leerlaufgeschwindigkeit betrieben wird. Dies wird durch eine Drosselklappenposition oder eine Leerlaufpositionssteuerung bestimmt, die bestimmt, ob das Drosselklappenventil 86 in seiner Leerlaufposition ist. Wenn die Drosselklappensteuerung noch in der Leerlaufposition ist, dann geht das Programm zu Schritt S-11 über, um zu bestimmen, ob eine vorbestimmte Zeitperiode, eingestellt durch einen Zähler in der ECU 72, abgelaufen ist. Dies dient dazu, sicherzustellen, daß die Maschine für eine gewisse vorbestimmte, minimale Zeitperiode gelaufen ist.

Das Programm geht dann zu Schritt S-12 über, um zu bestimmen, ob das Abgas bei einer Temperatur ist, die anzeigt, daß es ausreichend erwärmt ist, so daß der Sauerstoffsensor 106 bei einer ausreichenden Temperatur sein wird, um eine Rückkopplungssteuerung F_o des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses der Beladung, die zu der Verbrennungskammer zugeführt ist, zu initiieren. (Die Temperatur wird durch Testen bestimmt. Allerdings ist die tatsächliche Temperatur, wenn der Sauerstoffsensor 106 auf die adäquate Temperatur in einer tatsächlichen Maschine erwärmt ist, von den Maschinenlaufbedingungen abhängig). Der Sauerstoffsensor 106 (wie zuvor angemerkt ist, ein λ -Sensor) liefert keine Anzeige des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, bis er bei einer bestimmten, vorbestimmten Temperatur ist, ungefähr 250°C. Auch wird der katalytische Wandler 25 nicht beginnen, erfolgreich den unverbrannten Kraftstoff in dem Abgas zu behandeln, bis er auch bei einer vorbestimmten Temperatur ist, bei der der katalytische Wandler 25 teilweise aktiviert ist und dessen Temperatur in etwa nahe der Temperatur liegt, bei der der Sauerstoffsensor 106 damit beginnt, ein Signal zu liefern (ungefähr 250°C). Der katalytische Wandler 25 wird auf die vorbestimmte Temperatur erwärmt, früher als der Sauerstoffsensor 106 damit beginnt, ein Signal zu liefern, wenn die Mischung, die magerer als stöchiometrisch ist, zugeführt wird und der katalytische Wandler 25 schnell erwärmt wird.

Wenn zu der Zeit, zu der die Maschine gestartet wird, an dem Schritt S-12 bestimmt wird, daß die Abgastemperatur, die durch den Sensor 113 gefühlt ist, unterhalb des Werts liegt, bei dem angenommen werden kann, daß der Sauerstoffsensor 106 und der Wandler 25 bei deren Betriebstemperaturen liegen, dann geht das Programm zu dem Schritt S-13 über, um zusätzlichen Kraftstoff in das Ansaugsystem durch Öffnen des Anreicherungsventils 64 und Ermöglichen, daß Kraftstoff in die Plenumkammer 33 des Einlaßverteilers 32 und die Verbrennungskammern 15 strömt, einzuspritzen.

Dieser zusätzliche Kraftstoff wird nicht für den Zweck einer Anreicherung zugeführt, sondern ausschließlich zu Testzwecken (zum Testen, ob sich der Sauerstoffsensor 106 in einem Zustand befindet, um ein Signal auszugeben, d.h. "Initialisieren" des Sauerstoffsensors 106), um ein unmittelbares Ansprechen von dem Sauerstoffsensor 106 zu erhalten, um eine Kraftstoff/Luft-Mischung zu liefern, die einen Ausgang von dem Sauerstoffsensor 106 bewirken wird, sobald er sich bei seiner Betriebstemperatur befindet (siehe Figur 13). Das bedeutet, daß, wenn während eines normalen Startens der Sauerstoffsensor kein Signal ausgibt, dies aufgrund entweder der Tatsache vorliegen kann, daß die Mischung mager läuft, oder daß sich der Sauerstoffsensor nicht bei seiner Betriebstemperatur befindet. Da der Sauerstoffsensor 106 von einem Typ ist, der fühlt, daß das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf der angereicherten Seite ist (λ -Sensor) und eine Mischung magerer als stöchiometrisch in den Ansaugkanal 79 der Maschine zugeführt wird, kann der Sauerstoffsensor 106 kein Signal ohne diesen zusätzlichen Kraftstoff ausgeben, gerade wenn der Sauerstoffsensor 106 ausreichend genug zum Ausgeben eines Signals erwärmt ist. Demzufolge dient diese kurze Unterkraftstoffzufuhr dazu, künstlich eine angereicherte Luft/Kraftstoff-Mischung für eine kurze Bewegung zu erzeugen, um so in der Lage zu sein, unmittelbar zu erfassen, wenn der Sauerstoffsensor 106 seine Betriebstemperatur und seinen Arbeitszustand erreicht.

Figur 28 zeigt noch einmal ein Schema, das die Zwischenbeziehung zwischen Heiß- und Kaltstartbedingungen im Hinblick auf eine Unterkraftstoffeinspritzung erläutert, um den Sauerstoffsensor in Abhängigkeit der Temperatur des Abgases zu testen und zu triggern. Wie in Figur 28 dargestellt ist, ist der zusätzliche Kraftstoff nicht nur unter "Heißstart", sondern auch unter "Kaltstart" -Bedingungen, nützlich.

Das Programm geht dann zu Schritt S-14 über, um zu bestimmen, ob ein Ausgangssignal durch die ECU 76 von dem Sauerstoffsensor 106 empfangen ist, was eine angereicherte Kraftstoff/Luft-Mischung anzeigt. Wenn kein Signal gefühlt wird, geht das Programm zu einem Schritt S-15 über, um zu bestimmen, ob eine vorbestimmte Zeitperiode vorüber ist. Diese Zeitperiode wird auch durch einen weiteren Zeitgeber in der ECU 72 eingestellt und stellt sicher, daß übermäßige Mengen von angereicherter Kraftstoff nur zugeführt werden, um den Betrieb des Sauerstoffsensors 106 zu erfassen. Wenn diese Zeitperiode abgelaufen ist, geht das Programm zurück zu dem

Schritt S-13, um so eine andere Einspritzung von Hilfsanreicherungskraftstoff durch Öffnen des Anreicherungsventils 64 zu initiieren.

Wenn im Schritt S-14 ein Ausgangssignal von dem Sauerstoffsensor 106 angezeigt wird, geht das Programm zu dem Schritt S-16 über, um die Zufuhr von zusätzlichem Anreicherungskraftstoff durch Schließen des Anreicherungsventils 64 zu beenden.

Das Programm geht dann zu dem Schritt S-17 über, um eine Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses λ zu initiieren und um den Schrittmotor 98 gemäß einer Rückkopplungssteuerung zu betreiben, wie beschrieben werden wird, um so das geeignete Kraftstoff/Luft-Verhältnis ($\lambda = 1$) unter allen Zuständen beizubehalten. Die Rückkopplungssteuerbereiche sind in Figur 4 dargestellt und treten auf, nachdem in Bezug auf den Sauerstoffsensor bestimmt ist, daß er aktiviert ist, wie darin dargestellt ist. Die Schritte 13 bis 16 ermöglichen, insbesondere bei "Heißstart"-Zuständen, unmittelbar die Zeitabstimmung zu erfassen, wenn der Sauerstoffsensor 106 seine Betriebstemperatur erreicht.

Wenn im Schritt S-10 bestimmt wird, daß der Bediener das Drosselklappenventil 86 zu einem Außerleerlauf-Zustand bewegt hat, dann geht das Programm zu einem Schritt S-18 über, um zu bestimmen, welcher Positionswert des Nebenluftventils 98 für diesen Außerleerlauf-Zustand vorhanden sein sollte. Diese Außerleerlauf-Einstellung wird anfänglich bei "d" eingestellt, was größer als der Wert "b" ist, allerdings niedriger als der Wert "c". Der Wert "d" ist in Figur 4 als HDL 50 dargestellt, und da er etwas kleiner als der Wert "c" ist, wird die Kraftstoff/Luft-Mischung bei diesem Außerleerlauf-Zustand dazu tendieren, geringfügig angereicherter als derjenige bei einem Leerlauf zu sein. In der Ausführungsform, die in Figur 4 dargestellt ist, wird der Wert "d" bei 50 zum Erzeugen einer stöchiometrischen Mischung eingestellt. Der Schrittmotor 101 wird dann an dem Schritt S-19 betätigt, um so das Nebenluftventil 99 einzustellen.

Das Programm geht dann zu dem Schritt S-20 über, um zu bestimmen, ob ein Signal von dem Sauerstoffsensor 106 ausgegeben ist. Wiederum wird dies so vorgenommen, um zu bestimmen, ob der Sauerstoffsensor 106 bei einer ausreichenden oder geeigneten Temperatur für eine Rückkopplungssteuerung ist. Wenn dies der Fall ist, geht das Programm zu dem Schritt S-21 über, um so eine Rückkopplungssteuerung, in einer Art und Weise, die beschrieben werden wird, vorzunehmen.

Wenn andererseits im Schritt S-20 bestimmt wird, daß dort kein Ausgang von dem Sauerstoffsensor 106 vorhanden ist, geht das Programm zu einem Schritt S-22 über, um den Wert des Nebenluftventils 98 in dem Zustand "d" zu halten, und das Programm geht zurück zu dem Schritt S-20, um fortzufahren, diesen Zustand zu halten, bis ein Ausgangssignal von dem Sauerstoffsensor 106 geliefert wird.

Wie angeführt worden ist, stellen die Figuren 2A, 2B ein Steuerprogramm dar, wobei die ECU 72 keine Liste zum Einstellen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses unter allen Laufbedingungen besitzt. (Die ECU 72 besitzt nur eine Liste zum Kurbeln bzw. Anlassen), um eine stöchiometrische Mischung aufzunehmen, und eine Prüfung wird bei einer Rückkopplungssteuerung primär für diesen Zweck vorgenommen. Eine graphische Darstellung der Effekte dieses Maschinenstartprogramms ist in der Figur 13 angezeigt, von der auch die Funktion des Sauerstoffsensors 106 ableitbar ist, nachdem dieser seine Arbeit aufnimmt. Weiterhin ist ersichtlich, daß, wenn einmal die Rückkopplungssteuerung gestartet ist, ein stöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis konstant sichergestellt werden kann, indem die Steuerungsabweichung des Schrittwerts des Nebenluftsteuerventils 98 klein unter engem Annähern eines im wesentlichen konstanten Schrittwerts beibehalten wird.

Die Figuren 3A, 3B (siehe bitte Figur 14, die ähnlich zu Figur 13 ist, die allerdings keinen Zustand des Zündschalters, eine Variation der Motorgeschwindigkeit und Temperatur des Sauerstoffsensors, darstellt) stellen ein Anlaufsteuerprogramm für eine Anordnung dar, bei der die ECU 72 mit einer Liste versehen ist, die eine Beziehung zwischen einem Ansaugdruck, einer Maschinengeschwindigkeit und einem Schrittwert für alle Laufzustände bzw. -bedingungen darstellt.

Nachdem die Rückkopplungssteuerung gestartet ist, wird eine solche Auflistung nicht länger verwendet, da das Nebenluftsteuerventil 98 durch ein Signal von dem Sauerstoffsensor 106 gesteuert wird.

Wie nun diese Figuren 3A und 3B zeigen, beginnt das Programm und geht dann zu Schritt S-1, um so zu bestimmen, ob der Zündschalter eingeschaltet ist oder nicht. Falls dies nicht der Fall ist, wiederholt das Programm offensichtlich. Allerdings geht, wenn der Zündschalter eingeschaltet ist, dann das Programm zu Schritt S-2 über, um so das Nebenluftventil 98 unter der schnellsten Geschwindigkeit des Schrittmotors 101 zu initialisieren. Zur selben Zeit werden, wie zuvor beschrieben worden ist,

das Kraftstoffabsperrventil 103 und das Leerlaufkraftstoffabsperrventil 111 in deren geschlossener und geöffneter Position jeweils beibehalten und das Leerlaufgeschwindigkeits-Einstellventil 96 wird auch anfänglich eingestellt werden.

Das Programm geht dann zu Schritt S-3 über, um zu bestimmen, ob das Nebenluftsteuerventil 98 initialisiert worden ist. Falls dies nicht der Fall ist, wiederholt das Programm.

Wenn allerdings im Schritt S-3 bestimmt wird, daß das Nebenluftventil 98 geöffnet worden ist, dann geht das Programm zu dem Schritt S-4 über, um so das Nebenluftventil 98 auf einen anfänglichen Voreinstell-Auflistungswert "a" unter einer maximalen Geschwindigkeit einzustellen. Der Wert "a" kann derselbe wie der Wert "a", der zuvor angeführt ist, sein.

Das Programm geht dann zu Schritt S-5 über, um so den Ansaugsystemdruck und die Maschinengeschwindigkeit von den zuvor angeführten Sensoren zu lesen, und stellt dann einen Schrittwert "b" für das Nebenluftventil 98 ein, was eine magerere Mischung liefern wird. Das Programm geht dann zu Schritt S-6 über, um so den Schrittmotor 101 unter seiner schnellsten Geschwindigkeit anzutreiben, um so das Nebenluftventil 98 in der Position des Werts "b" zu plazieren.

Das Programm geht dann zu Schritt S-7 über, um zu bestimmen, wenn ein erstes Zünden bzw. Brennen erfaßt wird und die Maschine läuft. Falls dies nicht der Fall ist, geht das Programm zurück zu Schritt S-5.

Wenn allerdings im Schritt S-7 bestimmt wird, daß die Maschine läuft, wobei ein erstes Brennen erfaßt ist, dann geht das Programm zu dem Schritt S-8 über, um den erwünschten Schrittwert für den gegebenen Maschinenansaugdruck und eine Maschinengeschwindigkeit zu lesen.

Das Programm geht dann zu Schritt S-9 über, um so die Wassertemperatur durch den Sensor 112 zu fühlen und von der Vorprogramm-Auflistung einen Kompensationswert für das Einstellen des Nebenluftventils 98 von demjenigen, der im Schritt S-8 vorgefunden ist, zu lesen. Der erwünschte Schrittwert im Schritt S-8 dient für eine stöchiometrische Mischung und ein Kompensationswert im Schritt S-9 dient für eine Kompensation der Mischung zu der mageren Seite. Das Programm geht dann zu Schritt S-10 über, um den Kompensationswert von der Auflistung auf einen mageren Wert zu erfassen, und dann zu Schritt S-11, um den geeigneten Wert durch

Betätigen des Schrittmotors 101 des Nebenluftventils 98 einzustellen. Der kompen-
sierte Schrittwert (c) wird so eingestellt, daß die magere Mischung magerer als
stöchiometrisch zu der Maschine zugeführt ist, und ist derselbe wie der Schrittwert
(c) in den Figuren 2A und 2B.

Gemäß diesem Steuerprogramm geht dann das Programm weiter zu dem Schritt
S-12, um zu bestimmen, ob das Drosselklappenventil 86 noch in seiner Leerlaufposi-
tion ist, wie dies durch den Drosselklappenpositionssensor, wie vorstehend angege-
ben ist, bestimmt ist. Wenn sich die Maschine noch im Leerlauf befindet, geht das
Programm zu dem Schritt S-13 über, um zu bestimmen, ob eine vorbestimmte Zeit-
periode seit dem anfänglichen Laufen der Maschine vorüber ist. Wenn dies der Fall
ist, dann geht das Programm zu dem Schritt S-14 über, um zu bestimmen, ob die
Wassertemperatur angehoben ist, was, wie vorstehend angeführt ist, anzeigen wird,
ob der Sauerstoffsensor 106 bei seiner Betriebstemperatur sein wird oder nicht.
Wenn die Wassertemperatur geringer als ein vorbestimmter Wert ist, dann geht das
Programm zu dem Schritt S-15 über, um das Anreicherungsventil 64 zu betätigen
und einen angereicherten Kraftstoff zu liefern. Wie vorstehend angegeben ist, wird
dieser angereicherte Kraftstoff nur zugeführt, um eine "triggernde" Kraftstoff/Luft-
Mischung zu schaffen, um so zu bestimmen, ob der Sauerstoffsensor 106 bei seiner
Betriebstemperatur ist.

Das Programm geht dann zu dem Schritt S-16 über, um zu bestimmen, ob ein Aus-
gangssignal von dem Sauerstoffsensor 106 ausgegeben ist. Falls dies nicht der Fall
ist, geht das Programm zu Schritt S-17 zurück, um zu bestimmen, ob die vorbe-
stimmte Zeitperiode abgelaufen ist, während der der Anreicherungsventil-Aktuator
bzw. das -Betätigungsglied 64 betätigt ist. Falls dies der Fall ist und noch kein Aus-
gang von dem Sauerstoffsensor 106 gefühlt ist, geht das Programm zu dem Schritt
S-15 zurück, um zusätzlichen Kraftstoff zuzuführen, bis ein Ausgangssignal von dem
Sauerstoffsensor 106 an dem Schritt S-16 gefühlt wird.

Wenn einmal ein Ausgangssignal von dem Sauerstoffsensor an dem Schritt S-16 ge-
fühlt ist, geht das Programm zu dem Schritt S-18 über, um den angereicherten Kraft-
stoff durch Schließen der Anreicherungsvorrichtung 64 zu stoppen. Das Programm
geht dann zu dem Schritt S-19 über, wo die Maschinengeschwindigkeit, ein

Ansaugdruck und andere Parameter gefühlt werden, und dann wird ein Wert "f" (für eine stöchiometrische Mischung) für die Position des Nebenluftventils 98 aus der vorprogrammierten Liste in der ECU 27 bestimmt. Das Programm geht dann zu Schritt S-20 über, um den Schrittmotor 101 anzutreiben, um das Nebenluftventil 98 in der Position von "f" zu plazieren. Dies fährt fort, bis das Nebenluftventil 98 in dieser Position ist, und dann geht das Programm zu dem Schritt S-21 über, um zu einer Rückkopplungssteuerung überzugehen, wobei ein Durchschnitt des Schnittwerts des Nebenluftventils 98 an der Position "e" beibehalten wird (d.h. Schrittwert 50), und dann wird eine Rückkopplungssteuerung initiiert.

Dabei sind zwei Möglichkeiten vorhanden, daß ein Wert "f" auf den gleichen wie ein Wert "e" oder unterschiedlich zu einem Wert "e" eingestellt wird. Ein Schrittwert "f" wird aus einer Auflistung basierend auf der Maschinengeschwindigkeit und einem Ansaugdruck gelesen. Da dann, wenn der Sauerstoffsensor 106 das erste Signal basierend auf der zusätzlichen Kraftstoffzufuhr an dem Schritt S-15 in den Figuren 3A und 3B ausgibt, wird der Schrittwert für das Nebenluftventil 98 zu einem Wert (f) von einem Wert (c) basierend auf einer Auflistung bewegt, wodurch ein Steuersystem mit einem schnellen Ansprechverhalten erhalten wird. Wenn nämlich der Wert (f) nicht verwendet wird, wie in Figur 13 dargestellt ist, wenn der Sauerstoffsensor 106 das erste Signal basierend auf der zusätzlichen Kraftstoffzufuhr ausgibt (wenn der Sauerstoffsensor 106 ein Signal ausgibt, wird bestimmt, daß er in einem angereicherten Zustand ist, und der Schrittwert des Nebenluftventils 98 wird so erhöht, um den Betrag einer Kraftstoffzufuhr zu erniedrigen), würde ein Schrittwert des Nebenluftventils 98 erhöht und die Mischung würde wesentlich magerer als stöchiometrisch temporär werden.

Wenn im Schritt S-12 bestimmt wird, daß das Maschinendrosselklappenventil 86 durch die Betätigungseinrichtung zu dem Außer-Leerlaufzustand bewegt worden ist, geht das Programm zu dem Schritt S-22 über, wo Maschinenparameter, wie beispielsweise Maschinengeschwindigkeit und Ansaugdruck, gefühlt werden, und ein vorbestimmter Wert "d" für einen stöchiometrischen Wert für das Nebenluftventil 98 wird von der Auflistung in der ECU 72 gelesen. Das Programm geht dann zu dem Schritt S-23 über, um den Schrittmotor 101 zu betätigen und das Nebenluftventil 98 in der Position "d" zu plazieren, und das Programm geht dann zu dem Schritt S-24

über, um zu bestimmen, ob ein Ausgangssignal durch den Sauerstoffsensor 106 gefühlt ist. Falls dies nicht der Fall ist, geht das Programm zurück zu dem Schritt S-22. Wenn allerdings der Sauerstoffsensor 106 ein Signal ausgibt, dann ist bekannt, daß sich das System in einem Zustand für eine Rückkopplungssteuerung befindet, und das Programm geht zu dem Schritt S-25 über, um so eine Rückkopplungssteuerung zu initiieren. Die weiteren Details der Rückkopplungssteuerung und verschiedene Steuerprogramme, wenn einmal in eine Rückkopplungssteuerung eingetreten worden ist, werden nun unter besonderer Bezugnahme auf die Figuren 4 bis 9 beschrieben werden. Wie zunächst die Figur 4 zeigt, ist dort eine graphische Ansicht dargestellt, die verschiedene Maschinenlaufcharakteristika, den Zustand des Leerlaufschalters, der bestimmt, wann sich das Drosselklappenventil 86 in dem Leerlaufzustand (EIN) oder in dem Außer-Leerlaufzustand (AUS) befindet, die Zustände, wenn die Abgastemperatur durch den Temperatursensor 113 gefühlt wird, als oberhalb und unterhalb des vorbestimmten Werts, und auch der Zustand des Vakuumsensors 114 (in dem "Schließ-" Bereich wird bestimmt, daß das Drosselklappenventil 86 vollständig geöffnet ist) darstellt. Wie gesehen werden wird, ist dabei eine Trennungslinie in den Steuerstrategien vorhanden, wenn sich die Maschine in einem Leerlauf-Ein- oder -Aus-Zustand befindet, wie durch die horizontale Linie angezeigt ist, die den Zustand des vorstehend erwähnten Leerlaufschalters anzeigt. Wenn die Maschine in dem Leerlaufmodus arbeitet, wird ein Rückkopplungswert "1" ausgewählt, wobei dieser Wert niedriger als der Rückkopplungswert ist, wenn in dem Außer-Leerlauf gearbeitet wird. Unter Bezugnahme auf einen niedrigen Rückkopplungswert zeigt dies an, daß die Änderungsrate des Zustands des Nebenluftventils 98 und spezifisch dessen Schrittmotors 101 unter einer niedrigeren Rate als dann auftritt, wenn unter einer normalen Rückkopplung in einem Außer-Leerlauf-Zustand gearbeitet wird, wenn der Rückkopplungswert "2" ist (siehe auch Fig. 15), wobei andere Übergangszustände auch vorhanden sind und später beschrieben werden.

Unter Bezugnahme nun auf Figur 5 zeigt diese ein Blockdiagramm, das die Basis-Strategie einer Rückkopplungssteuerung ungeachtet davon, ob unter dem Leerlauf- oder Außer-Leerlauf-Zustand gearbeitet wird, darstellt. Wie in dieser Figur gesehen werden wird, empfängt im Schritt S-1 die ECU 72 ein Signal von dem Sauerstoffsensor 106, das dafür indikativ ist, ob die Mischung angereichert ist (kein O_2 , ein

Ausgangssignal) oder stöchiometrisch oder mager ist, O_2 Zustand (kein Ausgangssignal). Das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors 106 ist tatsächlich von dem Typ des Kraftstoffs, der eingesetzt ist, unabhängig. Das bedeutet, daß der Sauerstoffsensor 106 sein Signal ausgeben wird, wenn die Mischung reicher als stöchiometrisch ist, ungeachtet des Kraftstoffs, der verbrannt wird. Andererseits wird, wenn die Mischung stöchiometrisch oder geringer ist, der Sauerstoffsensor 106 kein Signal ausgeben.

Nachdem das Programm startet, wird das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors 106 innerhalb der ECU im Schritt S-2 verglichen, um zu bestimmen, ob eine angereicherte Mischung vorhanden ist. Falls dies der Fall ist, dann wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis im Schritt S-3 durch Betätigen des Schrittmotors 101 des Nebenluftventils 98 erhöht, um so den Öffnungsflächenbereich des Nebenluftventils 98 zu vergrößern und um die Zufuhr von Kraftstoff zu dem Ansaugkanal mittels Einführen zusätzlicher Luft in die Vergaserkraftstoffkammer 89 zu reduzieren.

Wenn andererseits das Ausgangssignal das Nichtvorhandensein einer reichen Mischung im Schritt S-2 anzeigt, geht das Programm zu dem Schritt S-4 über, um so eine leichte Anreicherung des Kraftstoffs durch Schließen des Schrittmotors 101 und des Nebenluftventils 98 zu bewirken, um so die Mischung anzureichern. Die Geschwindigkeiten, bei denen der Schrittmotor 101 betätigt wird, werden, wie zuvor angemerkt ist, dadurch bestimmt, ob die Maschine in einem Leerlaufzustand oder in einem Außer-Leerlauf-Zustand arbeitet und wie in den Figuren 4 und 15 dargestellt ist. Die Bestimmung, ob der Rückkopplungswert "1" oder "2" sein sollte (Maschine unter Leerlauf oder unter Außer-Leerlauf), ist in Figur 6 angezeigt. In diesem Programm führt die ECU 72 einen ersten Schritt S-1 durch, der bestimmt, ob das Drosselklappenventil 86 in seinem Leerlauf- oder Außer-Leerlauf-Zustand ist, und zwar durch Anzeigen, ob ein Leerlauf-Schalter auf ein ist, oder der Drosselklappenpositionssensor zeigt an, daß das Drosselklappenventil 86 in seinem Leerlauf-Zustand ist. Wenn der Leerlauf-Schalter auf ein ist, geht das Programm zu dem Schritt S-2 über, um so den Rückkopplungswert für den Leerlauf-Zustand zu lesen ("1" in dem zuvor beschriebenen Zustand), und das Programm geht dann zu dem Schritt S-3 über, um so die Rückkopplungssteuerung basierend auf dem ausgewählten Leerlauf-Zustand-Rückkopplungswert beizubehalten.

Wenn allerdings für den Leerlaufschalter nicht bestimmt ist, ob er auf ein ist, und zwar im Schritt S-1, dann geht das Programm zu dem Schritt S-4 über, um die Maschinengeschwindigkeit zu lesen. Wenn die Maschinengeschwindigkeit, im Schritt S-4, dahingehend bestimmt wird, daß sie noch bei ungefähr einem normalen Leerlaufzustand ist, kehrt das Programm zu dem Schritt S-2 zurück, um eine Steuerung bei dem Leerlauf-Rückkopplungswert beizubehalten. Dies bedeutet, daß, unter diesem Zustand, bestimmt werden kann, daß das Drosselklappenventil geöffnet worden ist, daß allerdings die Maschine, aus einem bestimmten Grund, noch bei oder nahe ihrer Leerlaufgeschwindigkeit arbeitet.

Wenn allerdings im Schritt S-4 bestimmt wird, daß die Maschinengeschwindigkeit oberhalb der vorbestimmten Geschwindigkeit liegt, was anzeigt, daß die Maschine richtig in einem Außer-Leerlauf-Bereich arbeitet, dann geht das Programm zu dem Schritt S-5 über, um so den Rückkopplungswert für den Außer-Leerlauf-Zustand (siehe auch Figur 4) zu lesen. Dies kann entweder der Wert "2", wie zuvor für den Außer-Leerlauf-Zustand angeführt ist, oder, alternativ, ein höherer Rückkopplungswert sein, falls ein Beschleunigungszustand gefühlt ist, wie unter Bezugnahme auf Figur 15 beschrieben werden wird.

Das Programm geht dann zu Schritt S-6 über, um so das Luft/Kraftstoff-Verhältnis unter Verwendung des Rückkopplungswerts, der für die Außer-Leerlauf-Zustände ausgewählt ist, beizubehalten.

Unter Bezugnahme nun auf die Figuren 7 und 8 wird das Programm zum Steuern des Nebenluftventils 98 unter schnellen Beschleunigungszuständen beschrieben werden und die Charakteristika sind dargestellt. Diese Figuren stellen eine Ausführungsform dar, bei der schnelle Beschleunigungszustände durch Fühlen einer schnellen Änderung in dem Ansaugsystemdruck bestimmt werden. Es sollte verständlich werden, daß andere Verfahren zum Bestimmen einer schnellen Beschleunigung, wie beispielsweise eine schnelle Öffnung des Drosselklappenventils 86, eingesetzt werden können.

In diesem Programm liest die ECU 72 anfänglich einen Ansaugsystemdruck im Schritt S-1 und mißt dann einen Ansaugsystemdruck bei einer weiteren Zeitperiode t im Schritt S-2, um zu bestimmen, ob dort ein größerer als ein vorbestimmter Betrag einer Ansaugsystemdruckvariation in der gegebenen Zeitperiode vorhanden ist. Dies

ist eine Indikation, daß die Maschine schnell beschleunigt wird. Falls eine schnelle Beschleunigung nicht im Schritt S-2 bestimmt wird, kehrt das Programm zurück und wiederholt.

Wenn allerdings im Schritt S-2 bestimmt wird, daß sich diese Maschine schnell aufgrund des Auftretens von mehr als einer vorbestimmten Änderung im Ansaugsystemdruck in einer gegebenen Zeitperiode beschleunigt, geht das Programm zu dem Schritt S-3 über, um den Rückkopplungswert hoch bis zu dem vorbestimmten, schnellen Beschleunigungswert ("3" in dieser Ausführungsform) zu erhöhen. Wenn der Sauerstoffsensor 106 ein Signal ausgibt, dann wird eine Kontrolle des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bei diesem schnellen Rückkopplungswert erreicht. Das Programm geht dann zu einem Schritt S-4 über, um zu bestimmen, ob der Ansaugsystemdruck damit fortfährt, sich unter einer schnellen Rate zu ändern. Dies wird durch Fühlen bestimmt, ob die Variation in dem Ansaugsystemdruck innerhalb einer bestimmten Zeitperiode kleiner als der vorbestimmte Wert ist, der im Schritt S-2 angewandt ist. Falls dies nicht der Fall ist, wird angenommen, daß die Maschine fortfährt, beschleunigt zu werden, und das Programm geht zurück zu dem Schritt S-3.

Wenn allerdings im Schritt S-4 bestimmt wird, daß sich der Ansaugsystemdruck nicht mit einer größeren Variation als der vorbestimmte Wert variiert, dann wird er dahingehend bestimmt, daß der Beschleunigungszustand vorüber ist, und das Programm geht zu dem Schritt S-5 über, um den Rückkopplungswert herunter auf den regulären Außer-Leerlauf-Wert von "2" zu erniedrigen, und das Programm geht dann zu dem Schritt S-6 über, um damit fortzufahren, das Nebenluftventil 98 bei diesem Wert zu steuern.

Zusätzlich zu der Rückkopplungswertkontrolle bzw. -steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, wie dies in den Steuerprogrammen beschrieben ist, ist ein zusätzliches Steuerprogramm vorhanden, das dazu eingesetzt wird, einen guten Abgasemissionskontrollschutz des Katalysators 25 ebenso wie eine gute Kraftstoffökonomie sicherzustellen. Dies ist ein Zustand, wenn dabei eine extreme Verzögerung vorhanden ist, die durch ein schnelles Schließen des Drosselklappenventils 86 aus einem Betrieb unter hoher Geschwindigkeit bewirkt wird. Wenn die Kraftstoffkreise unter diesem Zustand offengehalten werden, wird ein hohes Vakuum auf die Leerlaufauslaßöffnung 94, die durch den Kanal 92 vorgesehen ist, ausgeübt werden.

Deshalb, und wie zuvor angemerkt worden ist, können entweder das Leerlaufkreis-Absperrventil 111 oder das Kraftstoffabsperrventil 103 zum Absperrn der Kraftstoffströmung unter solchen Bedingungen eingesetzt werden. Dieser Kraftstoff-Absperrmodus ist in der Figur 4 bei HLD FC (Fuel Cut) angezeigt, wobei das Drosselklappenventil zu der Leerlaufposition bewegt worden ist und eine Maschinenverzögerung auftritt und die Kraftstoffzufuhr in der Art und Weise, wie sie vorstehend beschrieben ist, abgesperrt wird.

In diesem Programm startet das Programm in Figur 9 und geht zu einem Schritt S-1 über, um zu bestimmen, ob die Maschinengeschwindigkeit größer ist als eine vorbestimmte Maschinengeschwindigkeit. Falls dies nicht der Fall ist, wird angenommen, daß die Maschine unter einem normalen Zustand arbeitet, wobei eine Kraftstoffabsperrung nicht erforderlich ist und sich das Programm wiederholt. Wenn allerdings bestimmt wird, daß die Maschinengeschwindigkeit größer als eine vorbestimmte Geschwindigkeit ist, dann geht das Programm zu dem Schritt S-2 über, um zu bestimmen, ob ein Ansaugsystemvakuum größer als ein vorbestimmter Betrag ist, wie dies durch den Vakuumsensor oder den Vakuumschalter 114 gefühlt ist. Falls dies nicht der Fall ist, wird wiederum angenommen, daß dort ein normaler Zustand vorhanden ist, und das Programm kehrt zurück zu dem Start.

Wenn allerdings in den Schritten S-1 und S-2 bestimmt worden ist, daß die Motorgeschwindigkeit oberhalb der vorbestimmten Geschwindigkeit liegt und das Ansaugvakuum größer als ein vorbestimmter Wert ist, dann geht das Programm zu dem Schritt S-3 über, um die Kraftstoffzufuhr abzusperren. Wie angeführt worden ist, wird dies durch die ECU 72 vorgenommen, die entweder das Kraftstoffabsperrventil 103 öffnet, um so das Ansaugen von Kraftstoff in die Kammer 89 durch Zufuhr einer großen Menge an Luft in die Kammer 89 und/oder durch Schließen des Leerlaufabsperrventils 111 in Abhängigkeit davon, ob irgendeiner oder beide dieser Typen von Absperrungen oder beiden eingesetzt werden, zu reduzieren.

Das Programm geht dann zu dem Schritt S-4 über, der ein Schritt ist, der eine Hysterese in das System einführt, so daß die Kraftstoffsteuerung nicht unmittelbar neu eingerichtet wird, wenn der schnelle Verzögerungszustand einmal vorüber ist. In dem Schritt S-4 wird bestimmt, ob die Maschinengeschwindigkeit unterhalb einer vorbestimmten Geschwindigkeit gefallen ist, die niedriger als die Geschwindigkeit ist, die

im Schritt S-1 bestimmt ist, oder ob das Ansaugvakuum geringer als ein vorbestimmter Betrag ist, wobei jeder dieser Zustände anzeigt, daß der Verzögerungszustand abgenommen hat. Wenn kein Zustand existiert, kehrt das Programm wieder zurück zu Schritt S-4.

Wenn allerdings der Verzögerungszustand dahingehend bestimmt worden ist, um mehr als ein vorbestimmter Betrag aufgehört zu haben, wie im Schritt S-4 bestimmt ist, geht das Programm zu dem Schritt S-5 über, um eine Kraftstoffströmung mit Hysteresen neu einzurichten. Dies wird durch Schließen entweder des Kraftstoffabsperrventils 103 oder durch Öffnen des Leerlaufkreis-Kraftstoffsteuerventils 111, oder durch beide, wenn die beiden existieren, vorgenommen. Das Programm geht dann zu dem Schritt S-6 über, um so zu einer normalen Rückkopplungssteuerung in Abhängigkeit von den anderen Parametern, die zuvor angeführt sind, zurückzukehren. Dies ist auch durch die Flächenbereiche TDFC in Figur 4 angezeigt.

Dabei sind zwei zusätzliche Steuerbereiche, dargestellt in Figur 4, vorhanden, die beschrieben werden sollten. Diese sind Steuerbereiche, bei denen das Nebenluftsteuerventil 98 so betätigt wird, um eine angereichertere Mischung als normal zu liefern, um so den Katalysator in dem katalytischen Wandler zu schützen. Der erste dieser Bereiche ist in Figur 4 als HLD FUL (Hold Full) Bereich angezeigt. Unter diesem Zustand wird bestimmt, daß eine angereicherte Kraftstoff/Luftmischung erforderlich ist, um den Katalysator zu schützen, und das Nebenluftventil 98 wird auf einen Schrittwert von ungefähr 30 geschlossen, um so einen angereicherten Zustand zu schaffen, um den Katalysator zu schützen.

Dabei ist ein weiterer Bereich vorhanden, bei dem eine angereicherte Mischung notwendig ist, allerdings nicht ganz so angereichert, und dies ist in dem Flächenbereich HLD NE in Figur 4 dargestellt, wobei eine angereicherte Mischung beibehalten wird, allerdings nicht ganz so angereichert wie in dem HLD FUL Bereich. Dieser Bereich kann ein Schritt von ungefähr 35 sein.

Die Betriebsweise des Systems, wie es bis hier beschrieben ist, ist in Verbindung mit einem Vergaser angegeben worden, der Hilfskreise und Nebenluft und Steuerungen besitzt, wie in Figur 1 dargestellt ist. Es ist allerdings angemerkt worden, daß entweder das Kraftstoffabsperrventil 103 oder das Leerlaufkraftstoffabsperrventil 111 weggelassen werden kann. In einigen Fällen können beide dieser Vorrichtungen

weggelassen werden, wenn eine Verzögerungskraftstoffabspernung nicht erforderlich ist. Auch kann das Anreicherungssystem, das, wie angemerkt worden ist, primär für den alleinigen Zweck eines Testens der Betriebscharakteristika des Sauerstoffsensors 106 angeführt ist, weggelassen werden. Auch kann es, wie in Figur 33 dargestellt ist, in einigen Fällen möglich sein, die Verwendung des Nebenluftventils 98 wegzulassen und nur eine festgelegte Nebenluft in die Kammer 89 über den Durchgangsweg 102 zu haben. Wenn dies vorgenommen wird, kann das Luft/Kraftstoff-Verhältnis durch Ändern der Position des Kraftstoffsteuerventils 91 geändert werden, und das Kraftstoffsteuerventil 91 wird so gesteuert, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis stöchiometrisch beizubehalten. Der angereicherte Kraftstoff kann auch zu dem Motor an einer Stelle anders als direkt in die Einlaßverteiler/Plenumkammer 33 zugeführt werden. Zum Beispiel kann dieser Kraftstoff über einen separaten Durchgangsweg eingeführt werden, der direkt in der Mischvorrichtung 31 gebildet ist. Weiterhin ist es nur entscheidend, daß die Stelle, wo die magerere Mischung (magerer als stöchiometrisch) zuerst bei einem Leerlauf zugeführt wird, zumindest die Verbrennungskammer ist (oder ein Punkt einströmseitig davon). Weiterhin wird ein Abgeben einer großen Menge an Sauerstoff in den Auslaßdurchgangsweg durchgeführt. Dies trägt dazu bei, den Katalysator und den katalytischen Wandler schnell aufzuheizen, da der überschüssige Sauerstoff unmittelbar restliches HC in dem katalytischen Wandler 25 verbrennt, um denselben schnell aufzuwärmen.

Figur 16 stellt ein anderes Blockdiagramm eines Steuerprogramms dar, das zum Einstellen eines geeigneten Schrittwerts des Schrittmotors 101 des Nebenluftventils 98 für erste Leerlaufzustände dient, d.h. Einstellen des Schrittwerts des Schrittmotors 101 nach einem Kurbeln bzw. Anlaufen auf der Basis einer Information, ob die Kühlwassertemperatur der Maschine ein vorbestimmtes Niveau erreicht hat oder nicht und ob der Leerlaufschalter auf ein ist oder nicht (siehe Figuren 13 bis 18, d.h. bevor die Rückkopplungssteuerung von dem Sauerstoffsensor 106 initiiert ist).

Die Figur 16 stellt nämlich ein Lernsteuerprogramm für den Schrittmotor 101 beim Motorstarten dar. In diesem Steuerprogramm wird die Tatsache, daß ein Schrittwert, der bei der Rückkopplungssteuerperiode verwendet ist, des Nebenluftventils 98 für eine stöchiometrische Mischung dient, berücksichtigt. Innerhalb einer Periode, bei der die Maschine gestartet wird und eine Rückkopplungssteuerung nicht gestartet

wird, wird ein Schrittwert verwendet, der durch eine Multiplikation (Faktor > 1) des Schrittwerts erhalten wird, der benutzt wurde, bevor die Maschine gestoppt wurde. Als Folge wird der Schrittwert erhöht (dies reduziert die Menge einer Kraftstoffzufuhr) und die magere Mischung mit dem erwünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnis (ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis von ungefähr 16,5 ist wünschenswert) wird sicher innerhalb einer Periode erzeugt, in der die Maschine gestartet wird und eine Rückkopplungssteuerung nicht gestartet wird.

Das Programm startet, um zu Schritt S-1 zu gehen, um zu bestimmen, ob die Kühlwassertemperatur höher als ein vorbestimmter Wert ist oder nicht. Falls dies nicht der Fall ist, wird dies als eine Anzeige berücksichtigt, daß die Maschine noch unter frühen Startbedingungen, wie beispielsweise Kurbeln, arbeitet. Demzufolge geht das Programm zurück, um zu wiederholen. Wenn allerdings die Temperatur des Kühlwassers höher als der vorbestimmte Wert ist, dann geht das Programm zu Schritt S-2 über, so daß bestimmt wird, ob der Leerlaufschalter auf ein ist oder nicht. Falls dies nicht der Fall ist, wiederholt das Programm. Falls bestimmt wird, daß der Leerlaufschalter auf ein ist und die Übergangsperiode eines Maschinenstarts (Kurbeln) im wesentlichen beendet ist, d.h. die Kühlwassertemperatur wird höher als der vorbestimmte Wert, geht das Programm zu dem Schritt S-3 über, um den Schrittwert des Schrittmotors 101 zum Steuern des Nebenluftventils 98 (siehe auch Figur 13) zu lesen, wie in der Figur 13 dargestellt ist (siehe Bereich (a), (b), des Schrittwertdiagramms). Dann geht das Programm zu Schritt S-4 über, d.h. es wird bestimmt, ob der Schrittwert über eine vorbestimmte Zeitperiode gelesen worden ist, die ausreichend ist, um einen Durchschnitt des Schrittwerts zum Steuern des Schrittmotors 101 zu berechnen. Falls dies der Fall ist, dann wird der Durchschnitt des Schrittwerts im Schritt S-5 berechnet, ansonsten geht das Programm zurück zu Schritt S-3. Der Durchschnitt des Schrittwerts wird in den Speicher eingegeben, um denselben im Schritt S-6 zu aktualisieren.

Dann geht das Programm zu Schritt S-7 über, wo bestimmt wird, ob die Maschine läuft. Es wird nämlich bestimmt, ob die Maschine gestoppt wird, und eine nächste Maschinenlauffunktion wird zwischen den Schritten S-6 und S-7 durchgeführt. Falls bestimmt wird, daß die Maschine läuft, wird der Zyklus zum Kompensieren des Schrittwerts zum Erreichen eines mageren Zustands durch das Programm der

Schritte S-8 bis S-11 durchgeführt, wogegen ansonsten, d.h. wenn die Maschine nicht läuft und ein erstes Verbrennen bis dahin noch nicht aufgetreten ist, nämlich die Maschinengeschwindigkeit nicht bis zu einem vorbestimmten Wert von ungefähr 400 U/min erhöht ist, der Schritt S-8 bei dem nächsten Maschinenlaufvorgang fortgeführt.

Dann wird der aktualisierte, gespeicherte Schrittwert im Schritt S-9 aufgerufen und der Schritt wird für den ersten Leerlauf, d.h. für den Bereich (c) in dem Schrittwertdiagramm der Figur 14, durch Multiplizieren des gespeicherten Schrittwerts mit einem Faktor größer 1 berechnet, um den Schrittwert während eines ersten Leerlaufs (Bereich c in Figur 13) auf eine geprüfte, magere Kraftstoff/Luftmischung zu erhöhen, und schließlich wird der Schrittmotor 101 auf den multiplizierten Schrittwert, der sich in dem Schrittwertdiagramm der Figur 13 ergibt, angesteuert.

Auf diese Art und Weise findet in Abhängigkeit des Ansaugdrucks des Einlaßkanals und basierend auf der Temperatur des Kühlwassers eine Kompensation des Schrittwerts während eines Kurbelns (siehe Figuren 17 und 18) statt und ein geeigneter Einstellwert für die Nebenluftzufuhr in die Kraftstoffzufuhrkammer 89 findet statt, um die Zufuhr einer mageren Kraftstoff/Luftmischung während der anfänglichen Aufwärmphase der Maschine während eines Kurbelns und nach einem ersten Zünden der Maschine unter Leerlaufbedingungen zu unterstützen.

Wie vorstehend erläutert ist, wird das Steuersignal der Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses durch den Sauerstoffsensor 106 ausgegeben, was zu einem korrekten Wert oder zu Varianzen des im wesentlichen konstanten Schrittwerts des Schrittmotors 101 des angewandten Steuerventils 98 führt (siehe Figur 20, oberes Diagramm).

Wie in Bezug auf die Figur 15 und die Figuren 15a bis 15c erwähnt wurde, hängt der Rückkopplungswert (die Variation des Schrittwerts innerhalb einer bestimmten Zeitperiode) der Rückkopplungssteuerung von dem Lastzustand der Maschine ab, so daß der Rückkopplungswert erhöht wird und die Frequenz eines Ausgebens des Rückkopplungssignals unter einem Zustand einer schnellen Beschleunigung erhöht wird (siehe Figuren 8 und 15, 15a bis 15c). Demzufolge wird, wie in dem Diagramm der Figur 8 dargestellt ist, unter einer bestimmten Rate eine Ansaugdruckverringern, die einen schnellen Beschleunigungszustand darstellt, die Frequenz einer

Aktivierung der Rückkopplungssteuerung erhöht, d.h. der Rückkopplungswert wird erhöht, und entsprechend kann auch unter solchen Zuständen eines normalen Maschinenbetriebs die erwünschte, stöchiometrische Kraftstoff/Luftmischung ($\lambda = 1$) erfüllt werden.

Figur 12 zeigt an, wie der Wert des Rückkopplungssignals unter sich erhöhenden Lastzuständen erniedrigt wird, wenn der Schrittwert des Nebenluftsteuerventils reduziert wird, um die Menge an Kraftstoff, die zugeführt werden soll, wenn sich die Maschinenlaufbedingungen von einem Leerlauf- zu einem Außer-Leerlaufzustand ändern, zu erhöhen.

Die vorstehend beschriebenen Steuerprogramme werden in Verbindung mit dem Maschinenansaugsystem eingesetzt, wie dies in Figur 1 dargestellt ist, und umfassen ein Luftventil oder einen Konstantdruck-Typ eines Vergasers 29. Allerdings sollte verständlich werden, daß diese Steuerprogramme auch in Verbindung mit Systemen eingesetzt werden können, die herkömmliche Vergaser vom Venturi-Typ umfassen. Es wird angenommen, daß Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet leicht verstehen werden, wie diese Steuerprogramme bei irgendeinem der herkömmlichen Vergasersystemen eingesetzt werden können. Natürlich wird das System nicht den vollen Vorteil von solchen haben, die ein Luftventil oder einen Konstantdruck-Typ eines Vergasers einsetzen. Allerdings wird die Anwendung dieser Steuerprogramme bei Anordnungen, die in den verschiedenen, weiteren Ausführungsformen dieser Anmeldung dargestellt sind, extrem effektiv beim Erzielen einer guten Abgasemissionssteuerung bzw. -kontrolle und einer Kraftstoffökonomie sein, insbesondere dann, wenn mit gasförmigem Kraftstoff gearbeitet wird. Es sollte allerdings verständlich werden, daß bestimmte Facetten der Erfindung auch zum Beibehalten eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in mit flüssigem Kraftstoff betriebenen Maschinen eingesetzt werden kann, die entweder herkömmliche Vergaser vom Venturi-Typ oder Vergaser vom Luftventil-Typ einsetzen.

Es sollte auch verständlich werden, daß die Erfindung in Verbindung mit Vergasern des Typs eingesetzt werden können, die als "abgestufte Vergaser" bekannt sind. Dieser Typ eines Vergasers besitzt einige der Attribute eines herkömmlichen Vergasers und einige der Attribute eines Luftventil-Typs eines Vergasers. Das bedeutet, daß diese Stufenvergaser mindestens ein Paar Räume besitzen, die in einer

abgestuften Sequenz betätigt werden, um tatsächlich einen sich variierenden Strömungsflächenbereich und einen gleichförmigeren Druckabfall über die Vorrichtung während eines Maschinenbetriebs zu erzielen.

Figur 29 stellt einen Typ eines Stufenvergasers dar, der so modifiziert ist, um mit gasförmigem Kraftstoff zu arbeiten, und um Steuerprogramme des Typs, der beschrieben ist, einzusetzen. Die Ausführungsform der Figur 29 unterscheidet sich von der Ausführungsform der Figur 1 nur in dem Aufbau der Ladungsbildungseinrichtung, die der Maschine 11 zugeordnet ist, und einem bestimmten Schaltkreis, der der Ladungsbildungseinrichtung zugeordnet ist. Aus diesem Grund sind Komponenten dieser Ausführungsform, die dieselben oder im wesentlichen dieselben wie die der Ausführungsform der Figur 1 sind, mit dieselben Bezugszeichen identifiziert worden und werden nicht erneut im Detail beschrieben werden, mit der Ausnahme insoweit, als wie dies zum Verständnis des Aufbaues und der Betriebsweise dieser Ausführungsform notwendig ist. In dieser Ausführungsform umfaßt der Druckregulator 41 keine Anreicherungsstufe. Es sollte allerdings verständlich werden, daß diese Ausführungsform auch in Verbindung mit einer Anreicherungsstufe und einer Anreicherungsstrategie des Typs eingesetzt werden kann, der zuvor beschrieben ist, um sicherzustellen, daß der Sauerstoffsensord 106 bei seiner Betriebstemperatur ist. In dieser Ausführungsform ist eine Ladungsbildungseinrichtung in Form eines zweistufigen Vergasers mit zwei Räumen (zwei Barrel), bezeichnet allgemein mit dem Bezugszeichen 201, vorgesehen, und nimmt Luft von der Luftreinigungseinrichtung 75 auf und führt sie zu dem Einlaßverteiler 32 zu. Der Vergaser 201 besitzt einen Lufttrichter 202, in dem ein Venturi-Abschnitt 203, der eine Kraftstoffabgabe 204 einsetzt, vorgesehen ist. Der Venturi-Abschnitt 203 versorgt einen primären Raum (Barrel) 205 und einen sekundären Raum (Barrel) 206. Der primäre Raum 205 ist mit seinem eigenen Venturi-Abschnitt 207 versehen, der einen Kraftstoffabgabekreis besitzt, der Kraftstoff in einer Art und Weise aufnimmt, wie beschrieben werden wird. Ein Drosselklappenventil 208 ist in dem primären Raum 205 vorgesehen und wird durch das Gaspedal oder eine Drosselklappensteuerung in einer herkömmlichen Art und Weise betätigt.

Der sekundäre Raum 206 besitzt keinen Venturi-Abschnitt und der gesamte Kraftstoff, der durch diesen Raum strömt, wird durch die

Haupt-Venturi-Abschnitt-Kraftstoff-Abgabe 204 versorgt. Ein Drosselklappenventil 209 ist in dem sekundären Raum 206 vorgesehen und wird durch einen Vakuumservomotor 211 betätigt, der einen Druckkanal 212 besitzt, der sich zu einem Druckaufnahme punkt 213 hin erstreckt, der in dem primären Raum 205 ausströmseitig des Venturi-Abschnitts 207 vorgesehen ist. Wie es in Verbindung mit zweistufigen Vergasern herkömmlich ist, wird, wenn dort eine adäquate Luftströmung durch den primären Raum 205 vorhanden ist, um das Erfordernis für eine zusätzliche Luftströmung anzuzeigen, das Vakuum an der Drucköffnung 213 ausreichend ansteigen, um zu bewirken, daß der Servomotor 211 das Drosselklappenventil 209 öffnet.

Der Unteratmosphärendruckkanal 62, der von der Regulatorstufe 53 aus führt, führt Kraftstoff zu der Kraftstoffkammer 214 des Vergasers 201 zu. Diese Kraftstoffkammer 214 richtet sich zu der Kraftstoffabgabe, die in dem Venturi-Abschnitt 207 des primären Raums 205 vorgesehen ist, aus, und ein Strömungssteuernadelventil 215 stellt die anfängliche Einstellung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, das durch den primären Raum 205 zu der Maschine 11 zugeführt ist, ein. Wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis konstant durch Betätigen des Nebenluftventils 98 in der Art und Weise, die zuvor beschrieben ist, beibehalten. Wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform nimmt das Nebenluftventil 98 Luft von der Lufreinigungseinrichtungsöffnung 97 ausströmseitig des Filterelements 76 auf und mischt sie mit dem Kraftstoff, der durch den Kanal 62 strömt, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu steuern.

Die Kraftstoffkammer 214 des Vergasers 201 versorgt die Hauptdüsen-Abgabeöffnungen 204 über eine zweite Kammer 216, wobei die Strömung zwischen den Kammern 214 und 216 durch ein einstellbares Ventil 217 zum Einstellen des anfänglichen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses gesteuert wird. Zusätzlich ist ein Ventilsitz 218 zum Steuern der Verbindung der Kammer 216 mit einem Kraftstoffdurchgangsweg 219, der in dem Venturi-Abschnitt 203 gebildet ist, und von dem sich Abgabeöffnungen 204 aus erstrecken, vorgesehen. Ein Steuernadelventil 221 ist an einem Diaphragma 222 befestigt und steuert die Öffnung und Schließung des Ventilsitzes 218. Eine Schraubenkompressionsfeder 223 drückt normalerweise das Ventil 221 in eine geschlossene Position. Die Rückseite des Diaphragmas 222 ist dem Druck an der Drucköffnung 213 über einen weiteren Kanal 224 ausgesetzt.



Wenn die Maschine bei Geschwindigkeiten in niedrigem oder mittlerem Bereich betrieben wird und das Drosselklappenventil 209 geschlossen ist, ist eine Gefahr vorhanden, daß Luft in die Kraftstoffkammer 214 von den Auslaßöffnungen 204 des Hauptventuri-Abschnitts 203 hinein angesaugt werden könnte. Unter diesem Zustand hält allerdings die Schraubenfeder 223 das Ventilteil 221 in dessen geschlossener Position und es wird keine Nebenluft auftreten. Allerdings wird, wenn sich die Maschinengeschwindigkeit und die -last erhöht und wenn sich die Luftströmung über den primären Barrel-Venturi-Abschnitt 207 erhöht, eine Druckerniedrigung in dem Kanal 224 und der Kammer auf der Rückseite des Diaphragmas 222 vorhanden sein und das Nadelventil 221 wird damit beginnen, sich zu öffnen.

Unter diesem Zustand wird, da die Menge an Luft, die durch den Hauptventuri-Abschnitt 203 hindurchführt, und das Vakuum darin erhöht wird, Kraftstoff über die Auslaßöffnung 204 abgegeben werden und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis dieser Kraftstoffabgabe wird auch durch den Schrittmotor 101 gesteuert werden.

Figur 29 stellt keinen Leerlaufkreis für den Vergaser 201 dar, allerdings sollte verständlich werden, daß der primäre Raum 205 mit einem Leerlaufkreis ähnlich zu dem Leerlaufkreis versehen werden kann, der in der Ausführungsform der Figur 1 eingesetzt ist, und der ein Absperrsystem zum Absperrern der Zufuhr von Kraftstoff unter extremen Verzögerungen umfassen kann.

Figur 30 stellt eine Ausführungsform ähnlich zu Figur 29 dahingehend dar, daß dort auch ein herkömmlicher Vergaser 300 vom festgelegten Venturi-Typ dargestellt ist, wobei die Kraftstoffzufuhr von dem Kraftstoffdruckregulator 41 zu dem Vergaser nur mittels des Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 gesteuert wird, während eine Voreinstellung der Zufuhr von Kraftstoff von der Hauptkraftstoffkammer 89 über ein Nebenluftsteuerventil nicht vorgesehen ist.

In diesem Fall kann zusätzlicher Kraftstoff in den Ansaugkanal 74 ausströmseitig der Drosselklappe 86 mittels einer Doppel-Kraftstoff-Einspritzeinrichtung 310 eingespritzt werden, die für die Verwendung eines Vergasers 300 vom festgelegten Venturi-Typ dient dahingehend, daß ein gleichförmiges Luft/Kraftstoff-Verhältnis durch den Einlaßkanal 79 an jedem seiner Bereiche zugeführt wird, wo jede der zwei Kraftstoff-Einspritzeinrichtungen der Doppel-Kraftstoff-Einspritzeinrichtung 310 von der ECU gesteuert wird, um alternativ oder simultan während eines Einspritzzyklus der

Doppel-Kraftstoff-Ausstoßeinrichtung 310 betrieben zu werden.

Die Doppel-Kraftstoff-Einspritzeinrichtung 310 ist anstelle der Leerlaufabgabelleitung 92, dargestellt in Figur 1, installiert, und sie führt Kraftstoff unter einem Leerlaufzustand zu, wobei das Drosselklappenventil 86 geschlossen ist. Zum Beibehalten des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses gleichförmig überall in dem Ansaugkanal 79 wird diese Doppel-Einspritzeinrichtung 310 so gesteuert, um Kraftstoff gemeinsam einzuspritzen (kontinuierlich mit beiden Einspritzeinrichtungen), wie dies in Figur 30A dargestellt ist, oder um die Hälfte der Menge der gesamten Menge an Kraftstoff simultan einzuspritzen, wie dies in Figur 30B dargestellt ist.

Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Figur 31 dargestellt, wobei, in Bezug auf die Vorrichtung des Nebenluftsteuerventils 98 und des Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91, die Anordnung mit derjenigen der ersten Ausführungsform übereinstimmt, allerdings im Gegensatz hierzu Gebrauch von einem Typ eines Vergasers 300 vom festgelegten Venturi-Typ macht. Wie ausreichend bekannt ist, erzeugt ein solcher herkömmlicher Vergaser 310 vom stationären Typ häufig ein unzureichendes Vakuum unter niedrigen Lastzuständen und dementsprechend ist es schwierig, die Zufuhr an Kraftstoff und eine präzise Steuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu erhalten. Deshalb ist in dieser Ausführungsform ein zweites Drosselklappenventil 86b innerhalb eines einströmseitigen Bereichs des Einlaßkanals 79 vorgesehen, d.h. einströmseitig des Vergasers 300, das gemäß dem Öffnungsflächenbereich des Drosselklappenventils 86a gesteuert wird. Vorzugsweise ist dabei eine Verbindung (nicht dargestellt) zwischen den zwei Drosselklappenventilen 86, 86b für eine harmonisierte Öffnungsbewegung des ersten und des zweiten Drosselklappenventils 86A, 86B vorhanden.

Genauer gesagt wird, um Fluktuationen einer Kraftstoffzufuhr während niedrigen Lastbedingungen zu kompensieren, das zweite Ventil 86b geschlossen, um ein höheres Vakuum an dem Venturi-Bereich der Mischvorrichtung 300 zu erzeugen, wie anhand des schraffierten Bereichs in Figur 31 dargestellt ist, und zwar in der Zeit, zu der das erste Drosselklappenventil 86a beginnt, sich zu öffnen, während das zweite Ventil vollständig geöffnet ist, sobald wie der Übergang der Öffnungsphase (niedriger Lastzustand) des ersten Drosselklappenventils 86a vorüber ist (siehe Figur 31a). Dies ermöglicht, Kraftstoff sicher entsprechend der Menge einer Luftzufuhr

zuzuführen und ermöglicht eine ausgezeichnete Kontrolle des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses (so daß es stöchiometrisch ist) gerade unter einem niedrigen Lastzustand ungeachtet einer Verwendung eines Vergasers (Mischvorrichtung) vom festgelegten Venturi-Typ. Deshalb ist die Anordnung dazu geeignet, die Kosten des Kraftstoffzufuhrsystems der Maschine zu reduzieren, da eine solche eines Vergasers mit festgelegtem Venturi-Typ natürlich nicht so kostspielig ist wie ein Vergaser vom variablen Venturi-Typ, wie er in dem System verwendet ist, das in Figur 1 dargestellt ist.

Figur 32 offenbart eine andere Modifikation der Ausführungsform der Figur 1. Entsprechend weist die Ausführungsform gemäß Figur 32 auch einen Vergaser 31 vom variablen Venturi-Typ auf und stimmt im wesentlichen im Layout mit dem System der Figur 1 überein. Allerdings ist in diesem Fall das Steuerventil 98' nicht länger dahingehend effektiv, die Zufuhr an Kraftstoff mittels Ablassen von Luft in die Hauptkraftstoffkammer 89 einströmseitig des Nadelventils 87 des Vergasers 31 zu steuern, da, in dieser Ausführungsform, das Ventil 98' nicht ein Nebenluftventil ist und deshalb keine Luft insgesamt abläßt, und eine Saugöffnung 87 (siehe Figur 1) ist nicht vorgesehen. Im Gegensatz dazu ist das Steuerventil 98' ein Ventil für ein direktes Beeinflussen der Zufuhr von Kraftstoff durch Regulieren des Kraftstoff-Bypass-Kanals 150, der von dem Hauptkraftstoffzufuhrkanal 62 abzweigt. Auch ist auf diese Art und Weise eine Rückkopplungssteuerung des Steuerventils 98' von dem Sauerstoffsensor 106 vorgesehen, um eine stöchiometrische Kraftstoff/Luftmischung unter normalen Maschinenlaufzuständen einzustellen.

Zum Einstellen der stöchiometrischen Kraftstoff/Luftmischung wird nämlich der Schrittmotor 101 des Nebenluftventils 98 so gesteuert, um das Nebenluftventil 98 zu schließen und die Menge einer Kraftstoffzufuhr zu reduzieren, wenn ein Signal von dem Sauerstoffsensor 106 in das Nebenluftventil 98 eingegeben wird, da dessen Signal bedeutet, daß die Maschine mit einer angereicherten Mischung läuft.

Die nächste Ausführungsform des Gasmotors gemäß Figur 33 bezieht sich auf eine interessante Modifikation der ersten Ausführungsform der Figur 1, nämlich dahingehend, daß das Nebenluftsteuerventil 98 in dieser Ausführungsform fehlt, allerdings im Gegensatz dazu eine kontinuierliche Strömung einer Nebenluft immer durch einen Nebenluftkanal 102' strömt, der von der Hauptkraftstoffkammer 89 abzweigt und sich durch eine Strahlöffnung 102' in den Einlaßkanal 79 einströmseitig des

Nadelventils 87 öffnet. Deshalb wird eine konstante Strömung von Nebenluft in den einströmseitigen Bereich des Einlaßkanals 74 eingeführt, um eine geeignete Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung zu unterstützen. Die Nebenluft, die durch den Nebenluftkanal 102' strömt, geht ursprünglich von einer laminaren Strömung von Luft entlang der Wand der Hauptkraftstoffkammer 89 aus, die von dem Kraftstoffabsperrentil 103 durch die Leitung 105 vorgesehen ist, so daß das Kraftstoffabsperrentil 103 ein schnelles Nebenluftventil ist, um zusätzliche Nebenluft in das Hauptkraftstoffteil 89 einzuführen, insbesondere unter Übergangslastzuständen einer schnellen Beschleunigung. Die Strömung von Nebenluft mischt sich nicht intensiv mit der Strömung von Kraftstoff in die Hauptkraftstoffkammer 89 hinein, sondern verbleibt im wesentlichen eine laminare Strömung von Luft entlang der inneren Wand der Hauptkraftstoffkammer und kann deshalb teilweise in den Entlüftungsluftdurchgangsweg 102' hinein eintreten. Auf diese Art und Weise kann zumindest unter einer schnellen Beschleunigung die Luft/Kraftstoffsteuerung verbessert werden, gerade obwohl ein separates Nebenluftsteuerventil 98 nicht vorgesehen ist.

In dieser Ausführungsform der Figur 33 wird ein Schrittmotor 101 des Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 in Abhängigkeit eines Rückkopplungssteuersignals von dem Sauerstoffsensor 106 betätigt, um eine Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses der Beladung, die zu der Verbrennungskammer der Maschine zugeführt wird, durchzuführen (so daß sie normal stöchiometrisch ist, $\lambda = 1$), während andererseits der Schrittmotor 101 auch so gesteuert wird, um sich variierende Maschinenumgebungszustände zu kompensieren, wie dies vorstehend erläutert ist.

Schließlich wird Bezug auf die Figur 34 genommen, die eine andere Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung offenbart, die dieselben Hauptkomponenten besitzt, wie beispielsweise einen Vergaser 31 vom variablen Venturi-Typ, und ein Nebenluftsteuerventil 98, ein Kraftstoffzufuhrsteuerventil 91, einen Hauptdruckregulator 41, ein Leelaufgeschwindigkeits-Steuerventil 96, usw.. Allerdings bietet sich in diesem Fall nicht der Vergaser 31 vom variablen Typ für eine Hauptdosierdüse 88 und ein entsprechendes Tellernadelventil 87 zum Einstellen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses der Beladung in dem Einlaßkanal 79 an, sondern es ist eine spezifische Luftströmungsmeßeinrichtung 400 vorgesehen, um die Menge an Luft, die in den Einlaßkanal 74 hinein angesaugt ist, zu fühlen. In diesem Fall wird

das Hauptkraftstoffzufuhrventil 91 zusätzlich in Abhängigkeit der Luftströmung durch den Einlaßkanal 74 gesteuert, und demzufolge dient das Hauptkraftstoffsteuerventil 91 für eine abschließende Einstellung der Zufuhr an Kraftstoff zu dem Einlaßkanal 79, da dort kein Nadelventil 87 vorgesehen ist (wie dies für die vorstehend besprochenen Ausführungsformen charakteristisch ist, die einen Venturi-Vergaser 31 vom variablen Typ verwenden). Demgemäß wird die Kraftstoffzufuhr zu der Hauptkraftstoffkammer 89 durch den variablen Hauptstrahl des Kraftstoffsteuerzufuhrventils 91 basierend auf einem Signal von der Luftströmungsmeßeinrichtung 400 gesteuert. In diesem Fall wird das Signal von der Luftströmungsmeßeinrichtung auch zur Kompensation der Zündzeitabstimmung und sich variierender Maschinenumgebungsbedingungen verwendet, wie beispielsweise Kompensieren der Menge an Kraftstoff unter Fahrbedingungen durch Bergregionen oder zum Kompensieren der Menge an Kraftstoff unter Berücksichtigung eines Druckabfalls über den Luftfilter.

Es kann leicht verständlich werden, daß in diesem Fall die Steuerung des Schrittmotors des Kraftstoffzufuhrsteuerventils 91 relativ kompliziert aufgrund der zusätzlichen Funktion der abschließenden Steuerung der Zufuhr des Kraftstoffs in den Einlaßkanal 79 an dem Bereich des Vergasers 300 ist.

Es ist ersichtlich, daß die vorstehend angegebenen, weiteren Ausführungsformen nur insoweit diskutiert wurden, als sie sich von den vorstehend erwähnten Ausführungsformen der Figuren 1 und 29 unterscheiden. Dieselben Bezugszeichen wurden für dieselben Teile verwendet und eine wiederholte Erläuterung davon wird für nicht notwendig erachtet.

In den Ausführungsformen, die beschrieben sind, und teilweise solche, die unter Verwendung eines Luftventils oder eines Vergasers vom Konstant-Depressions-Typ eingesetzt sind, ist die Kraftstoff/Luftsteuerung durch, zumindest teilweise, Fühlen der Luftströmung durch das Ansaugsystem in der Ladungsbildungseinrichtung gemanagt worden. Es sollte allerdings auch verständlich werden, daß eine akkuratere Luftströmungsfühlung durch Vorsehen eines Luftströmungssensors irgendeines bekannten Typs einströmseitig des Vergasers vorgenommen werden könnte, zum Beispiel in dem Lufteinlaßsystem. In solchen Anordnungen wird der Ausgang von dem Luftströmungssensor auch zu der ECU 72 übertragen werden, so daß die ECU 72 akkurater die Menge an Kraftstoff, die in Relation zu der tatsächlichen Luftströmung durch das

System zugeführt ist, steuern kann. Es wird angenommen, daß es für Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet offensichtlich ist, wie dies ausgehend von dieser Beschreibung vorgenommen werden kann.

Es sollte leicht aus den vorstehend beschriebenen Aufbauten ersichtlich werden, daß die Ausführungsformen der Erfindung, wie sie sowohl erläutert als auch beschrieben sind, äußerst effektiv beim Liefern einer guten Kraftstoff/Luftsteuerung für eine Maschine, für ein schnelles Erwärmen des katalytischen Wandlers, ohne Zuführen übermäßigen Kraftstoffs, ist, und in einer Art und Weise, in der der Betrieb des Sauerstoffsensors und das Erreichen dessen Betriebstemperatur leicht geprüft werden kann, ohne nachteilig die Funktion im Hinblick auf den Abtrieb der Maschine oder die Abgasemissionskontrolle zu beeinflussen. Natürlich sind die vorstehenden Beschreibungen diejenigen bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung und verschiedene Änderungen und Modifikationen können vorgenommen werden, ohne den allgemeinen Erfindungsgedanken und den Schutzzumfang der Erfindung, wie dies in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, zu verlassen.

93 109 883.4

YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKA KAISHA

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die zumindest temporär mit gasförmigem Kraftstoff kraftstoffmäßig versorgt wird, wobei die Maschine ein Ansaugsystem zum Zuführen einer gesteuerten Luft/Kraftstoff-Mischung zu einer Verbrennungskammer und einen katalytischen Wandler und einen Sauerstoffsensor in seinem Abgassystem umfaßt, wobei Nebenluft zu einer Strömung aus Kraftstoff zugeführt wird, um dadurch eine Luft/Kraftstoff-Vormischung zu bilden, wobei die Menge an Nebenluft in Abhängigkeit von Steuersignalen bestimmt wird, die wiederum auf der Basis vorab eingestellter Daten und Signale von dem Sauerstoffsensor bestimmt werden, und wobei die Vormischung im wesentlichen mit Einlaßluft in einer Mischvorrichtung gemischt wird, um dadurch eine Einlaß-Luft/Kraftstoff-Mischung zu bilden, die zu der Verbrennungskammer zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge einer Einlaßmischung durch eine Steuervorrichtung ausströmseitig der Mischvorrichtung gesteuert wird, wobei während einer anfänglichen Aufwärmperiode, zumindest bis der katalytische Wandler seinen Betrieb beginnt, eine magerere Einlaß-Luft/Kraftstoff-Mischung von $\lambda > 1$ zu der Verbrennungskammer durch Einstellen der Menge von Nebenluft gemäß den vorab eingestellten Daten zugeführt wird, und wobei unter Bestimmung eines Betriebs des Sauerstoffsensors eine Rückkopplungssteuerung von λ gestartet wird, woraufhin die Menge an Nebenluft gemäß Signalen von dem Sauerstoffsensor bestimmt wird, und wobei während der Aufwärmphase diese Bestimmung vorgenommen wird, ob der Sauerstoffsensor seine Betriebstemperatur erreicht hat oder nicht, durch Anreicherung der Einlaß-Luft/Kraftstoff-Mischung für einen kurzen Moment und durch darauffolgendes Prüfen, ob der Sauerstoffsensor ein Ausgangssignal über

eine angereicherte Mischung liefert oder nicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Sauerstoffsensor (106), wenn er arbeitet, ein Steuersignal für eine Rückkopplungssteuerung über die Zufuhr einer stöchiometrischen Kraftstoff/Luft-Mischung $\lambda = 1$ ausgibt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Periode einer Zuführung einer mageren Luft/Kraftstoff-Mischung von $\lambda > 1$ gleich zu der Periode ist, bis der katalytische Wandler (25) seinen Betrieb beginnt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Periode einer Zuführung einer mageren Luft/Kraftstoff-Mischung von $\lambda > 1$ nicht länger als die Periode ist, bis der katalytische Wandler (25) seinen Betrieb beginnt.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei, einströmseitig der Steuerung einer Menge an Kraftstoff durch Nebenluft in eine Strömung von Kraftstoff außerhalb des Einlaßkanals hinein, eine andere Voreinstellung der Menge an Kraftstoff durchgeführt wird.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine gesteuerte Menge an Kraftstoff kontinuierlich in den Einlaßkanal über eine variable Mischvorrichtung (31) vom Venturi-Typ zugeführt wird, wobei die variable Mischvorrichtung (31) automatisch in Abhängigkeit einer Maschinenlast gesteuert wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Rückkopplungssteuerung eines Nebenluftventils (98) in Abhängigkeit des Ausgangs des Sauerstoffsensors (106) durchgeführt wird, um eine Feinabstimmung von Nebenluft in die Strömung von Kraftstoff einströmseitig des Hauptregulatorventils (87, 88) hinein zum Einstellen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses einzurichten, während ein Durchschnitt eines Öffnungsflächenbereichs des Nebenluftventils (98) im wesentlichen konstant gehalten wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Hauptregulatorventil (87, 88) eine erwünschte Kraftstoff/Luft-Mischung, insbesondere eine stöchiometrische Mischung von $\lambda = 1$, mit einem im wesentlichen konstanten Schrittwert eines mittels Schrittmotor gesteuerten Nebenluftsteuerventils (98) beibehält, wogegen ein anderes Kraftstoffsteuerventil (91) zum Kompensieren der Menge an Kraftstoff, der zu dem Einlaßverteiler zugeführt ist, in Abhängigkeit von Maschinenlauf- und/oder Maschinenumgebungsbedingungen und Einstellen der Menge an Kraftstoff dient, und daß ein

Durchschnitt des Schrittwerts des mittels Schrittmotors gesteuerten Nebenluftsteuer-ventils (98) im wesentlichen konstant wird.

9. Brennkraftmaschine, die mindestens temporär mit gasförmigem Kraftstoff kraftstoffmäßig versorgt werden kann, die aufweist:

ein Ansaugsystem zum Zuführen einer gesteuerten Luft/Kraftstoff-Mischung zu einer Verbrennungskammer,

ein Abgassystem, das einen katalytischen Wandler (25) und einen Sauerstoffsensor (106) umfaßt,

ein Nebenluftventil (98) zum Zuführen von Luft zu einer Strömung aus Kraftstoff von einer Kraftstoffquelle, um dadurch eine Luft/Kraftstoff-Vormischung zu bilden,

eine Mischvorrichtung (31) zum darauffolgenden Mischen der Vormischung mit Einlaßluft, um dadurch eine Luft/Kraftstoff-Einlaßmischung zu bilden,

eine Einrichtung (72) zum Steuern der Menge an Nebenluft, die über das Nebenluftventil (98) in Abhängigkeit von Steuersignalen zugeführt wird, die auf der Basis von vorab eingestellten Daten und Signalen von dem Sauerstoffsensor (106) bestimmt sind,

dadurch gekennzeichnet, daß

eine Steuervorrichtung (86) ausströmseitig der Mischvorrichtung angeordnet ist, um die Menge einer Einlaßmischung zu steuern, die zu der Verbrennungskammer zugeführt ist, eine Einrichtung zum Bestimmen, ob der Sauerstoffsensor (106) seinen Betrieb begonnen hat oder nicht, vorgesehen ist, wobei unter Bestimmung eines Betriebs des Sauerstoffsensors (106) eine Rückkopplungssteuerung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses λ gestartet wird, um das Nebenluftventil (98) in Abhängigkeit von Signalen von dem Sauerstoffsensor zu steuern, wogegen ansonsten während einer anfänglichen Aufwärmperiode eine magere Luft/Kraftstoff-Mischung von $\lambda > 1$ zu der Verbrennungskammer durch Steuern des Nebenluftventils (98) gemäß den vorab eingestellten Daten zugeführt wird, wobei eine Einrichtung (64) zum Anreichern der Einlaß-Luft/Kraftstoff-Mischung für einen kurzen Augenblick während der Aufwärmphase zum Vornehmen der Bestimmung, ob der Sauerstoffsensor seine Betriebstemperatur erreicht hat oder nicht, durch darauffolgendes Prüfen, ob der Sauerstoffsensor ein Ausgangssignal über eine angereicherte Mischung liefert oder nicht, vorgesehen ist.

10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, die weiterhin einen Zylinderblock, der

eine Verbrennungskammer besitzt, ein Ansaugsystem zum Zuführen einer Kraftstoff/Luft-Mischung zu der Verbrennungskammer, wobei die Kraftstoff/Luft-Mischung durch eine eine Ladung bildende Vorrichtung geliefert wird, die einen Lufteinlaßkanal besitzt, wobei das einströmseitige Ende davon mit Atmosphärenluft in Verbindung steht, wogegen das ausströmseitige Ende die Kraftstoff/Luft-Mischung zu der Verbrennungskammer hin zuführt, ein mit einem Antrieb betätigtes Drosselklappenventil und eine ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis regulierende Hauptregulatoreinrichtung, die automatisch in Abhängigkeit einer Strömung von Atmosphärenluft in den Einlaß hinein gesteuert wird, eine Abgasanordnung zum Abgeben des Abgases von der

● Verbrennungskammer und ein Kraftstoffzufuhrsystem für zumindest ein temporäres Zuführen von gasförmigem Kraftstoff von einer Quelle gasförmigen Kraftstoffes, aufweist, wobei die Hauptregulatoreinrichtung eine variable Mischvorrichtung (31) vom Venturi-Typ aufweist, die ein verschiebbares Ventiltail (87) zum Steuern einer Hauptdosierdüse (88) einer Kraftstoffzufuhrkammer (89) besitzt.

11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9 oder 10, wobei der Sauerstoffsensor (106) einströmseitig eines katalytischen Wandlers (25) in einem Abgasverteiler (23) angeordnet ist.

12. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 11, wobei das Nebenluftventil (98) dazu angepaßt ist, einen Luftzufuhrkanal zu steuern, der sich einströmseitig der Hauptdosierdüse (88) in die Kraftstoffzufuhrkammer (89) hinein öffnet, wobei das Nebenluftventil (98) vorab auf eine mittlere Ventilposition eingestellt ist, die im wesentlichen konstant gehalten wird, während die Konstant-Ventil-Charakteristik durch das Steuersignal des Sauerstoffsensors (106) überlagert wird.

● 13. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 12, wobei das Ventiltail des Vergasers (31) ein Nadelventil (87) ist, das mit der Hauptdosierdüse (88) zusammenwirkt, wobei die Form von beiden so ausgewählt ist, um das gewünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu liefern.

14. Brennkraftmaschine nach Anspruch 13, wobei die Form des Nadelventils (87) und die zusammenwirkende Hauptdosierdüse (88) so ausgelegt ist, um eine im wesentlichen stöchiometrische Mischung bei irgendeiner Menge an Luft, die in dem Einlaßkanal (79) vorhanden ist, zu liefern, in einem Zustand, bei dem die Einstellung des Nebenluftventils (98) bei einer vorab eingestellten Position beibehalten wird.

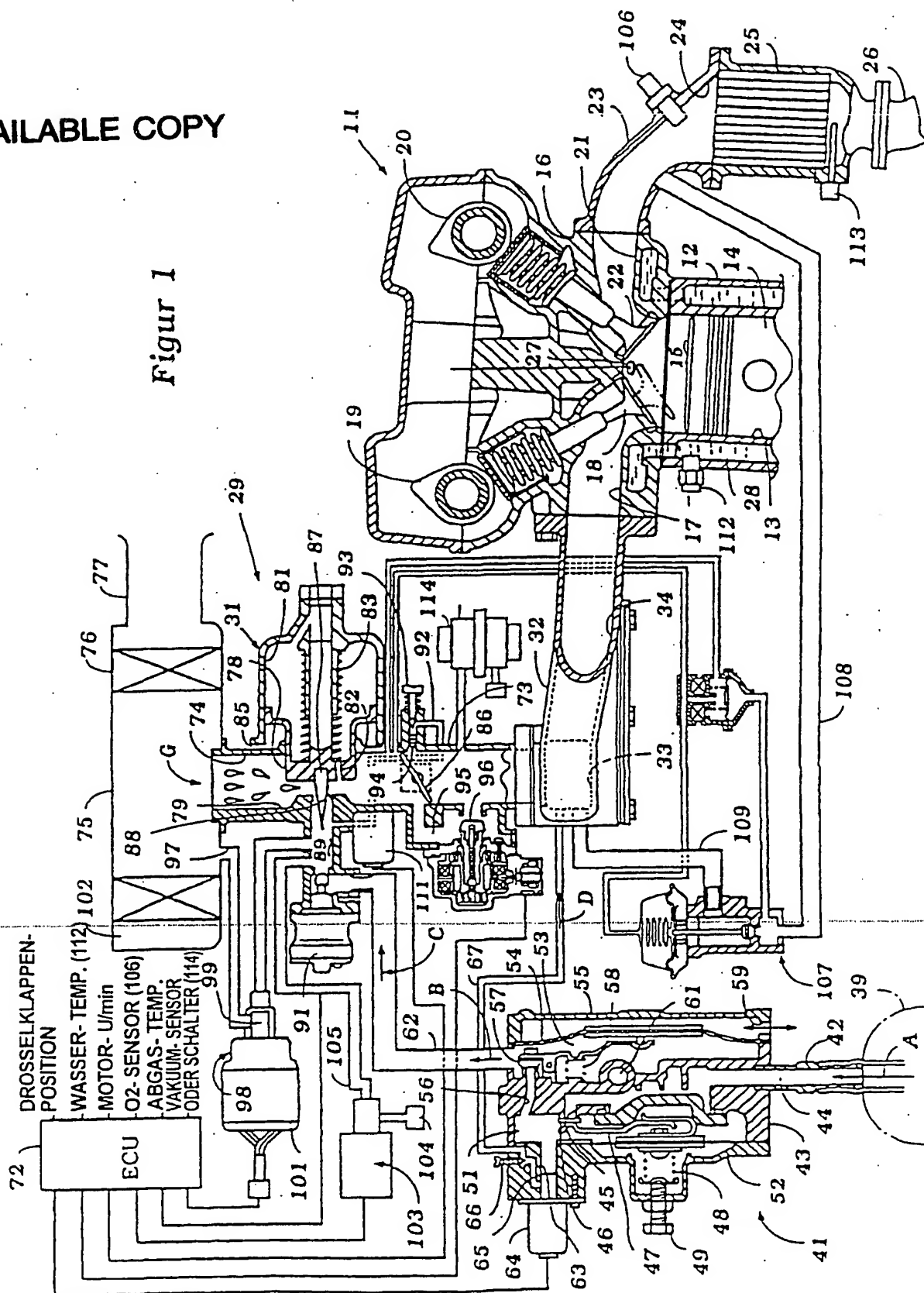
15. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 14, wobei ein mittels Schrittmotor gesteuertes Kraftstoffsteuerventil (91) einströmseitig der Hauptdosierdüse (88) vorgesehen ist, um eine Kraftstoffzufuhr zu der Hauptkraftstoffkammer (89) in Abhängigkeit der Maschinenbetriebsbedingungen einzustellen.
16. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 15, wobei ein Leerlauf-Bypass-Durchgangsweg (92) zwischen der Hauptkraftstoffkammer (89) und einer Leerlauföffnung (94), positioniert ausströmseitig einer Leerlaufposition des auf eine Last ansprechenden Drosselklappenventils (86), vorgesehen ist, um eine Leerlaufkraftstoffströmung zu steuern.
17. Brennkraftmaschine nach Anspruch 16, wobei ein Leerlauf-Luft-Bypass-Durchgangsweg (95) zwischen der Einström- und Ausströmseite des auf eine Last ansprechenden Drosselklappenventils (86), gesteuert mittels eines Ventils, das eine offene Position unter Leerlaufbedingungen annimmt, vorgesehen ist.
18. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 17, wobei mindestens ein Kraftstoffabsperrentil (103) für ein schnelles Zuführen von zusätzlicher Luft in die Hauptkraftstoffkammer (89) hinein vorgesehen ist, um ein schnelles Absperren einer Kraftstoffzufuhr unter bestimmten Maschinenbetriebsbedingungen zu erreichen.
19. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 18, wobei die Mischvorrichtung (31) eine Hauptkraftstoffkammer (89), die sich in den Einlaßkanal öffnet, aufweist, wobei die Zufuhr von Kraftstoff zu dem Einlaßkanal durch ein erstes und ein zweites Kraftstoffsteuerventil gesteuert wird, wobei das erste Kraftstoffsteuerventil (91) eine Kraftstoffzufuhr zu der Hauptkraftstoffkammer (89) in Abhängigkeit von Maschinenumgebungsbedingungen und/oder einem eine Ventileinstellung darstellenden Signal des zweiten Kraftstoffsteuerventils einstellt, während das zweite Kraftstoffsteuerventil so angepaßt ist, um eine Kraftstoffzufuhr zu dem Ansaugkanal zu steuern.
20. Brennkraftmaschine nach Anspruch 19, wobei das erste Kraftstoffsteuerventil (91) so gesteuert wird, um irgendwelche Fluktuationen der Maschinenbetriebs- und/oder -umgebungsbedingungen, einschließlich der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffes, zu kompensieren, um eine Grundvoreinstellung des Öffnungsflächenbereichs des zweiten Kraftstoffsteuerventils im wesentlichen konstant

beizubehalten.

21. Brennkraftmaschine nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 19 oder 20, wobei die Mischvorrichtung (31) von dem variablen Venturi-Typ ist, der eine mittels Ventiltteil gesteuerte Hauptdosierdüse (88) aufweist, die die Hauptkraftstoffkammer (89) mit dem Einlaßkanal verbindet.

BEST AVAILABLE COPY

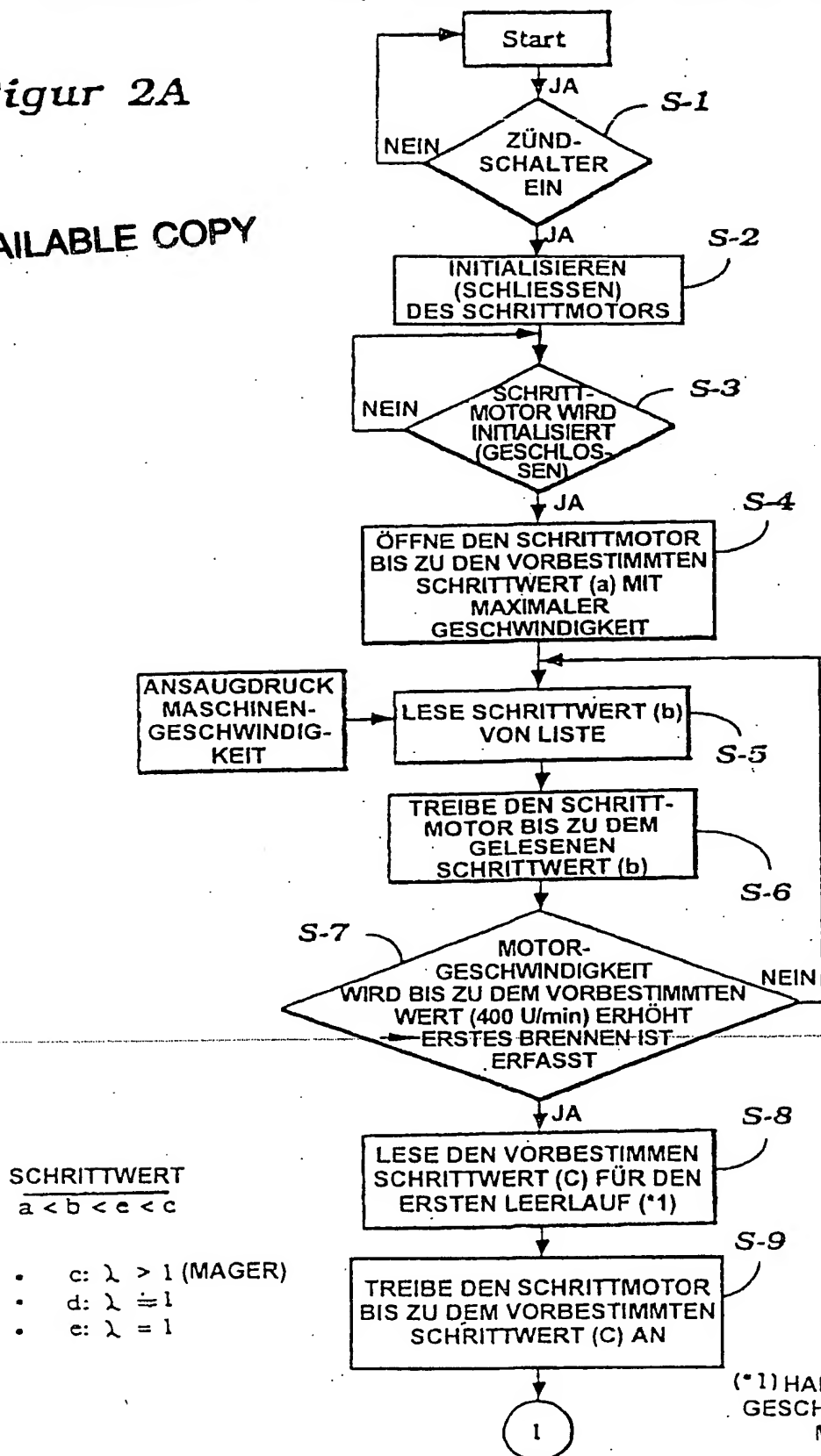
Figur 1



BEI DEM MASCHINEN- STARTEN (OHNE EINE LISTE FÜR ALLE MASCHINENLAUFBEDINGUNGEN)

Figur 2A

BEST AVAILABLE COPY

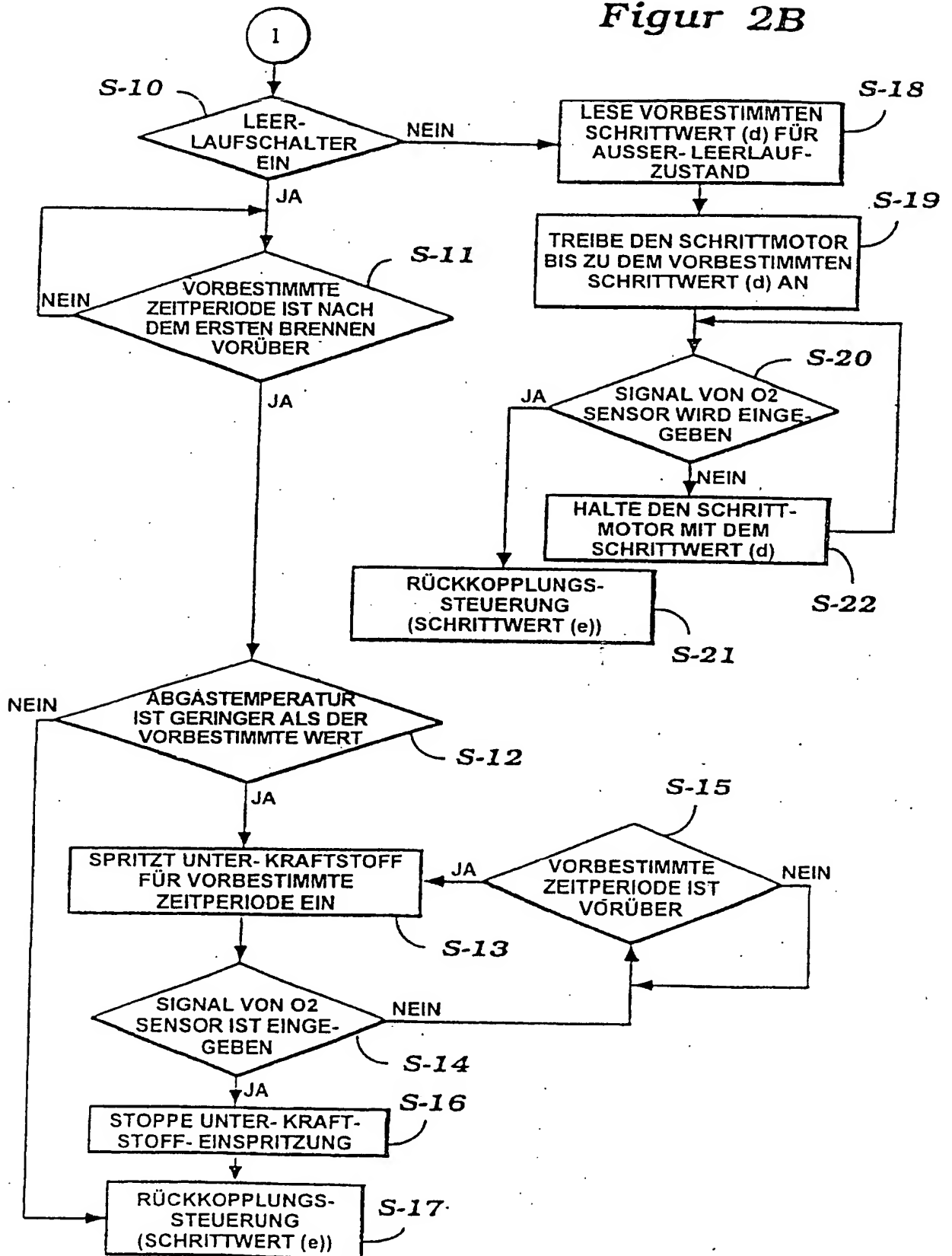


SCHRITTWERT
 $a < b < c < c$

- c: $\lambda > 1$ (MAGER)
- d: $\lambda \approx 1$
- e: $\lambda = 1$

(*1) HALTE DIE MASCHINEN-
GESCHWINDIGKEIT KONSTANT
MIT DEM ISC WERT

Figur 2B



93 109 883.4

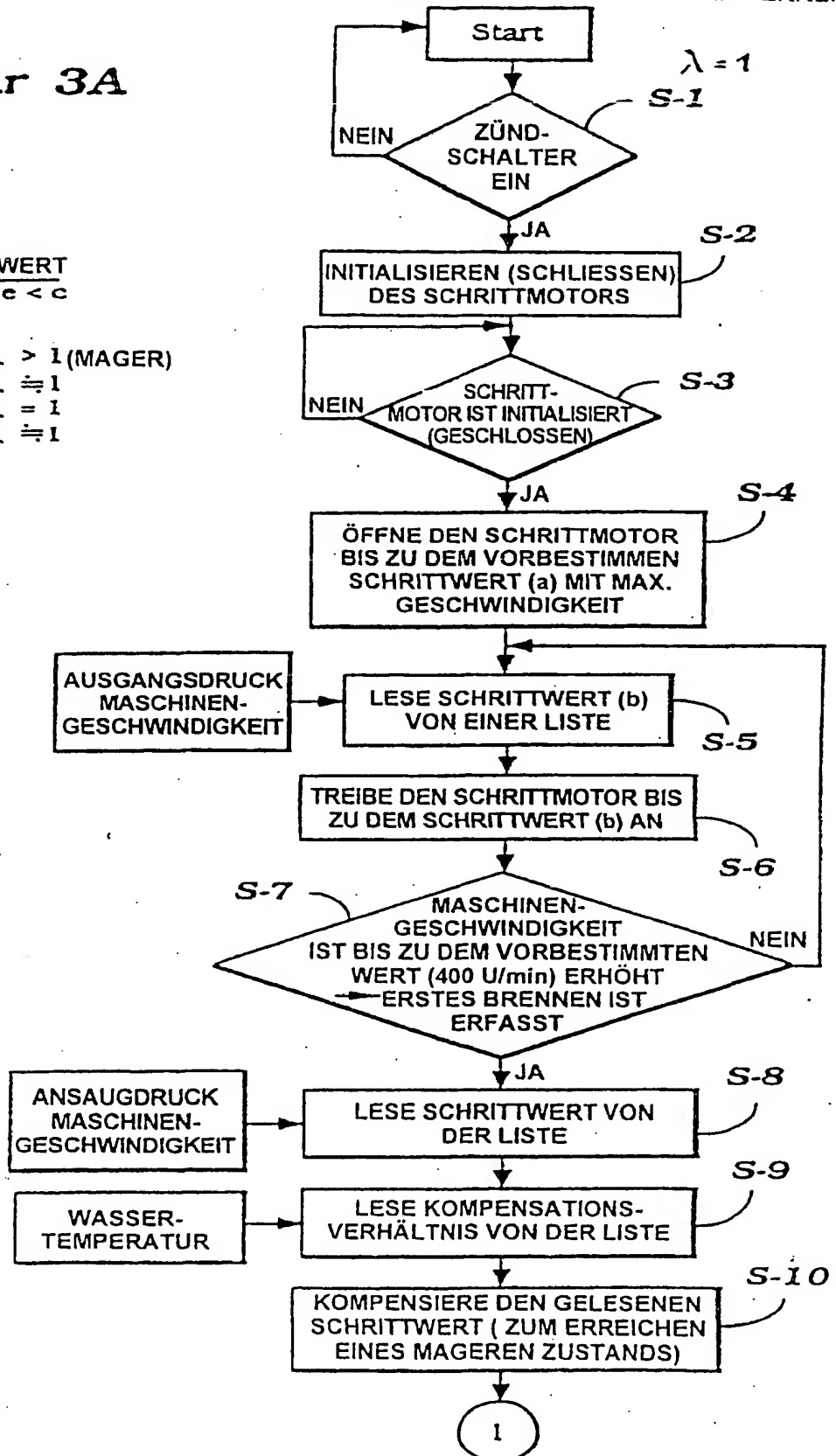
4/34

BEIM MASCHINENSTARTEN (MIT EINER LISTE FÜR ALLE MASCHINENLAUFZUSTÄNDE
UNTER DER ANNAHME, DASS $\lambda = 1$ BEI EINEM WARMEN MASCHINENZUSTAND ERREICHT IST)

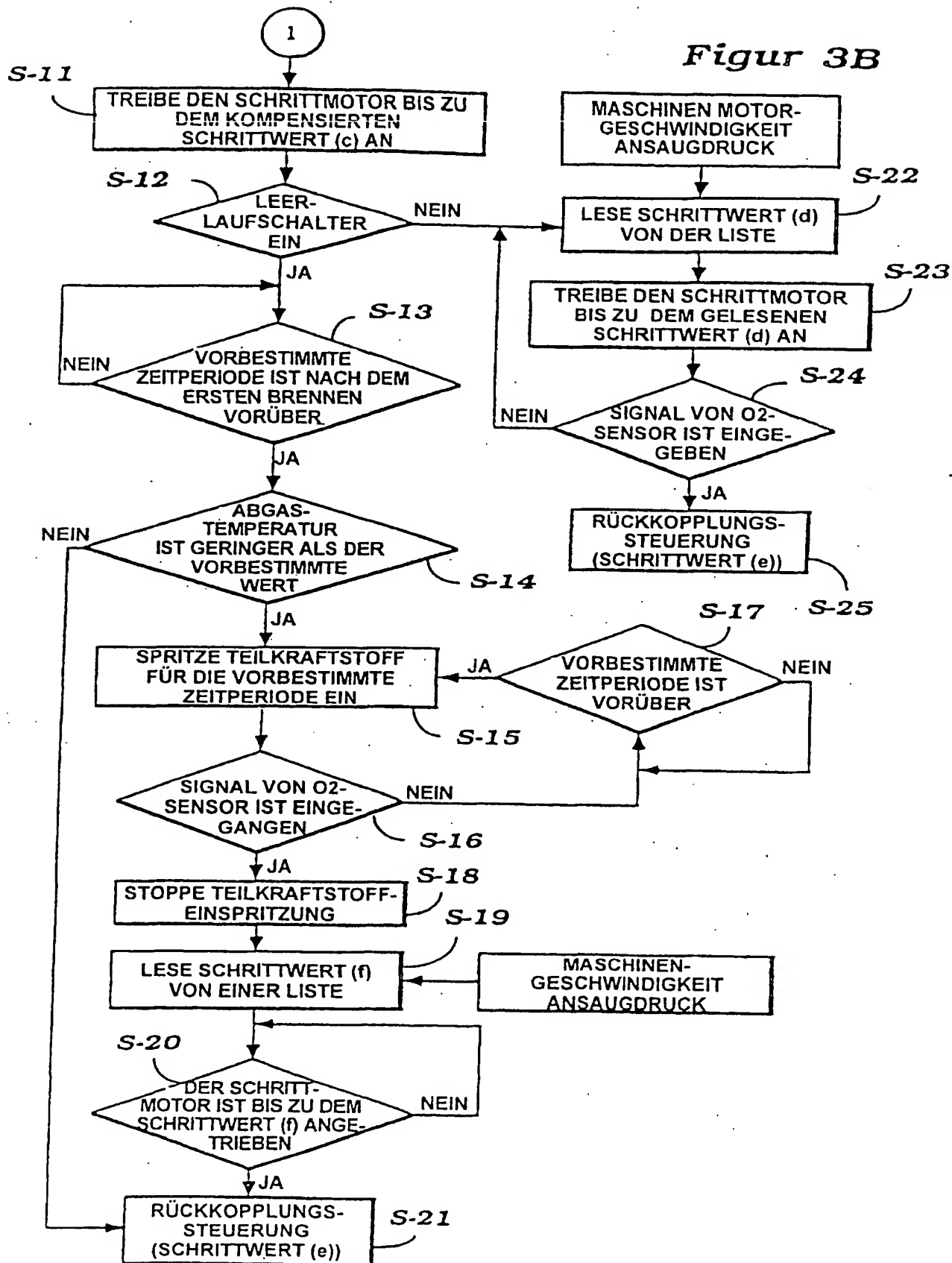
Figur 3A

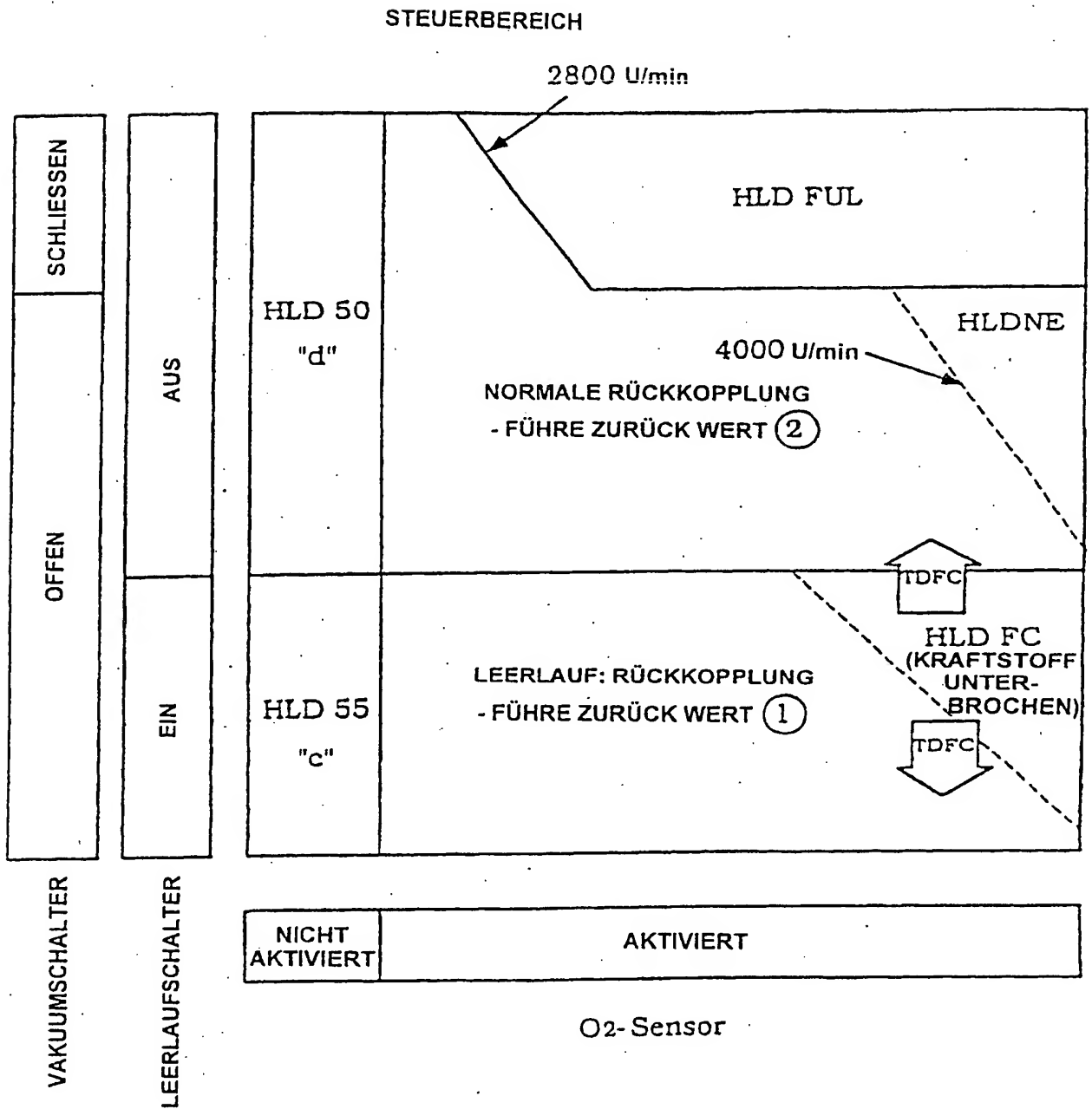
SCHRITTWERT
 $a < b < c < e$

- c: $\lambda > 1$ (MAGER)
- d: $\lambda \approx 1$
- e: $\lambda = 1$
- f: $\lambda \approx 1$



Figur 3B





* RÜCKKOPPLUNGSWERT ① < ②

Figur 4

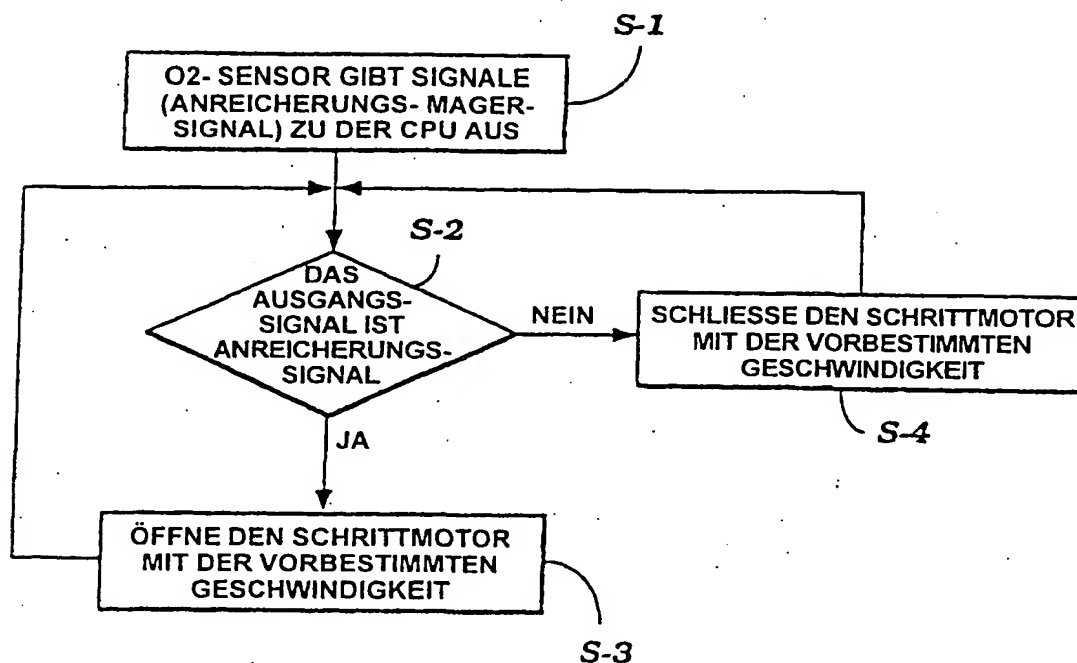
04.08.99

93 109 883.4

7/34

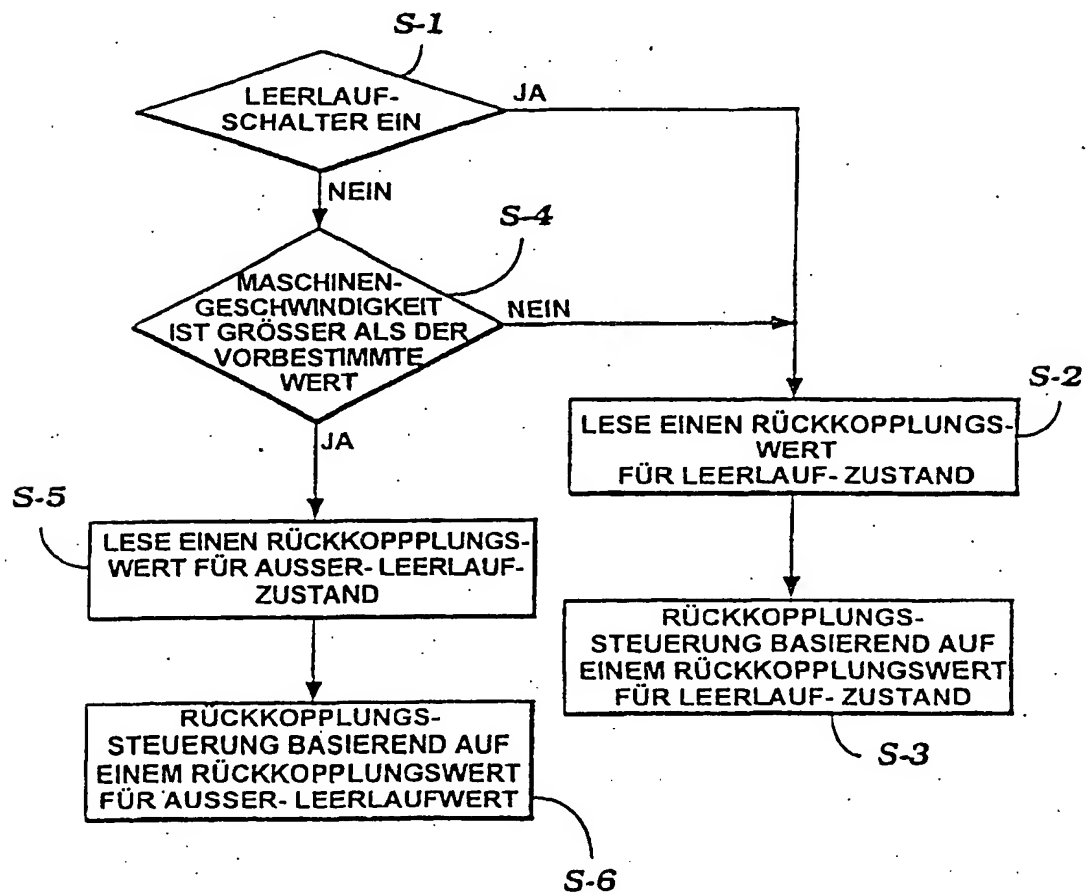
Figur 5

RÜCKKOPPLUNGSSTEUERUNG



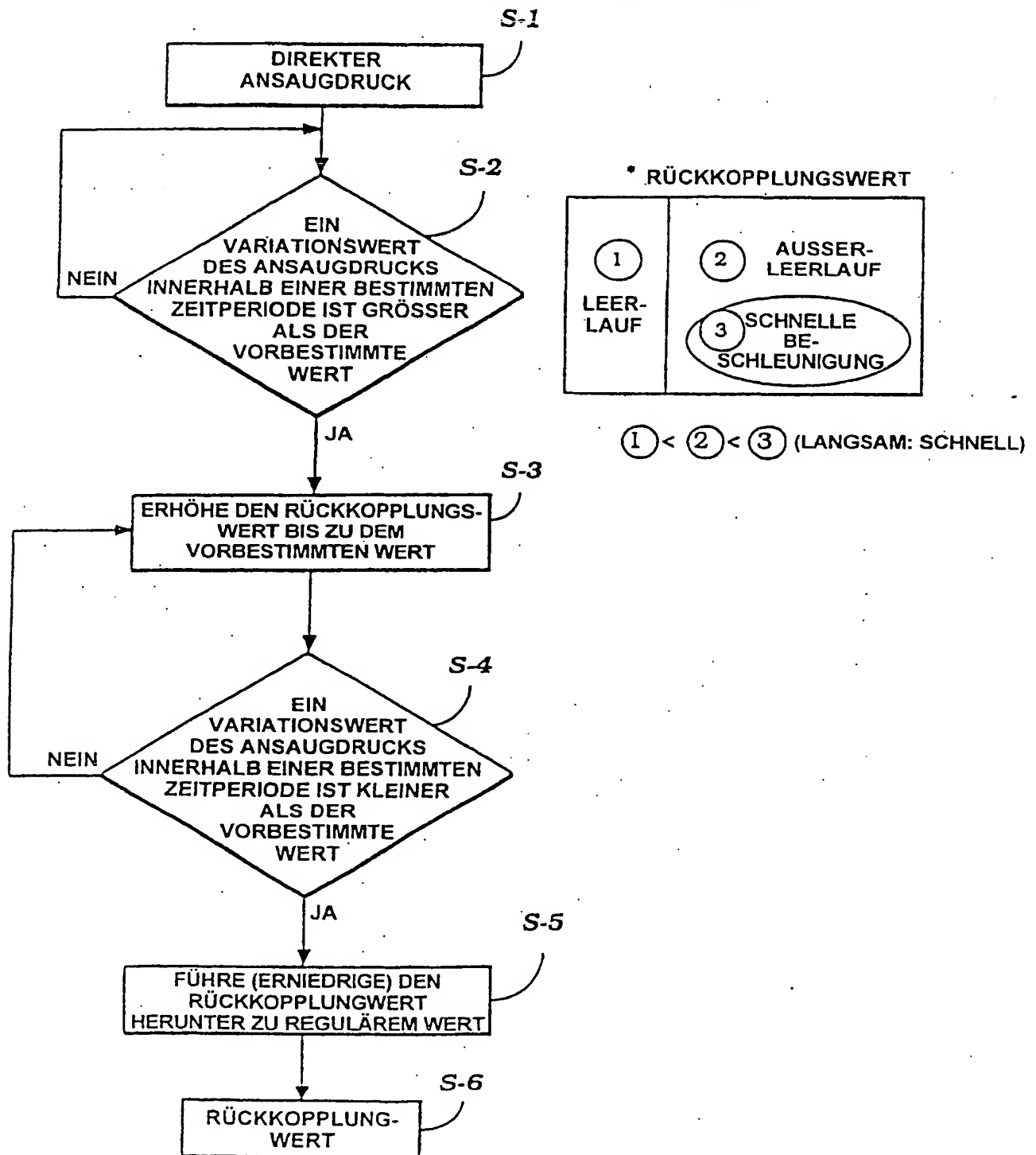
Figur 6

RÜCKKOPPLUNGSWERT DES SCHRITTMOTORS (LEERLAUF < AUSSER-LEERLAUF)



Figur 7

RÜCKKOPPLUNGSSTEUERUNG BEI SCHNELLER BESCHLEUNIGUNG
(WENN RÜCKKOPPLUNGSWERT GEÄNDERT WIRD)



04.05.99

93 109 883.4

10/34

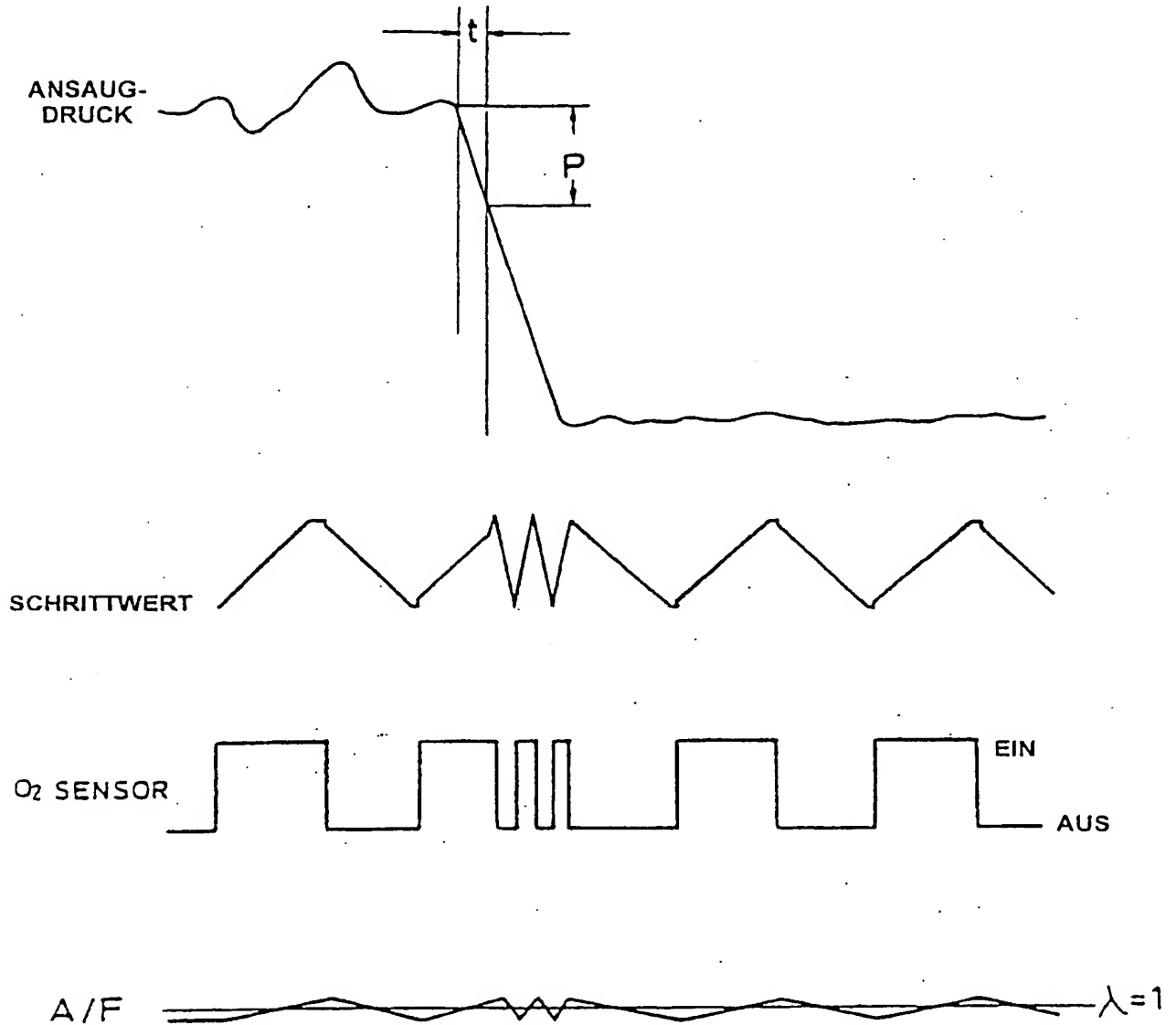
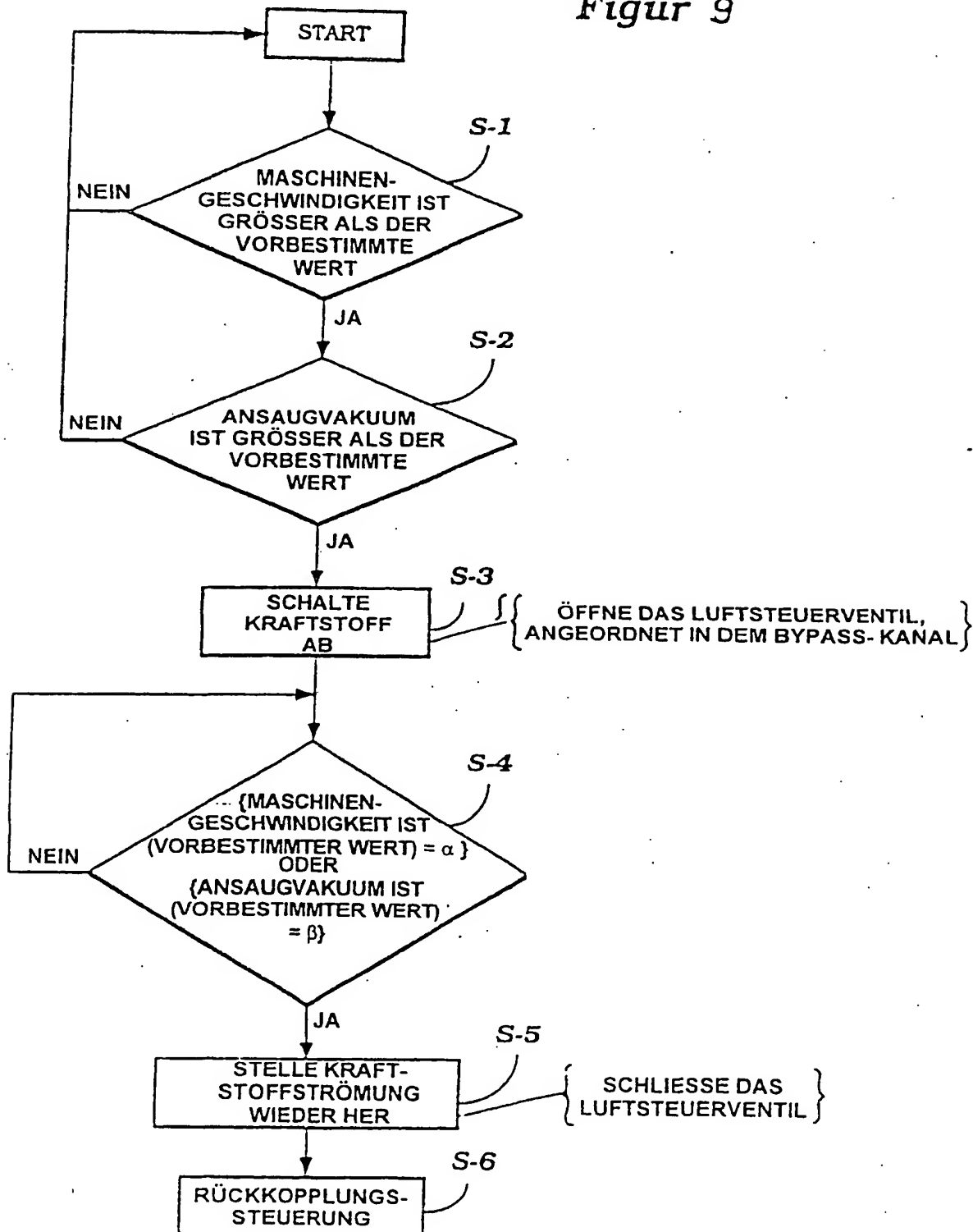
RÜCKKOPPLUNGSSTEUERUNG BEI SCHNELLER BESCHLEUNIGUNG
(RÜCKKOPPLUNGSWERT WIRD ERNIEDRIGT)

FIG.8

KRAFTSTOFF- UNTERBRECHUNG FÜR HAUPT- KRAFTSTOFF- SYSTEM

Figur 9



04.08.99

93 109 883.4

12/34

KOMPENSATION DES SCHRITTWERTS, WENN FAHRZEUG GESTARTET WIRD
(START → ERFASST DURCH LEERLAUF-SCHALTER)

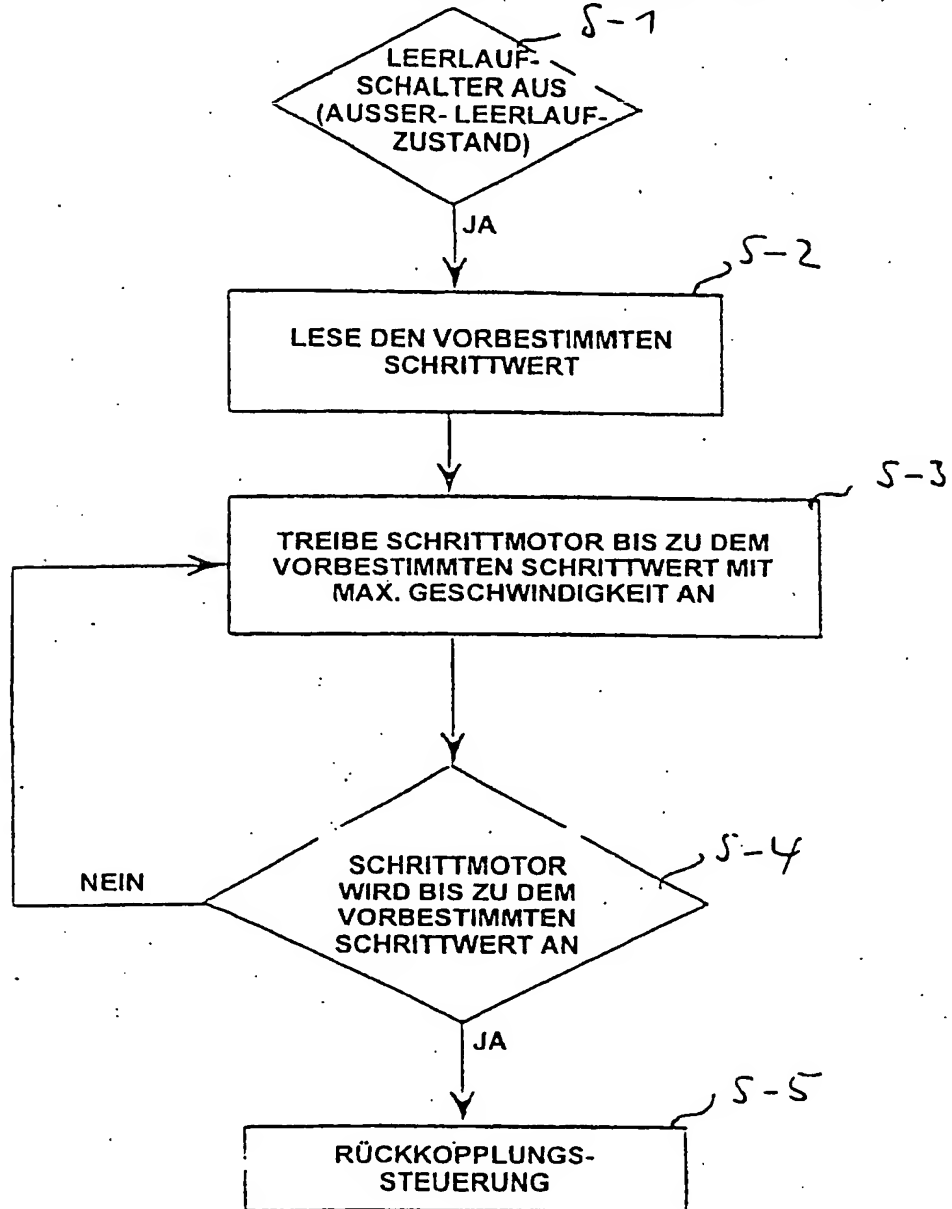


Fig. 10

93 109 883.4

13/34

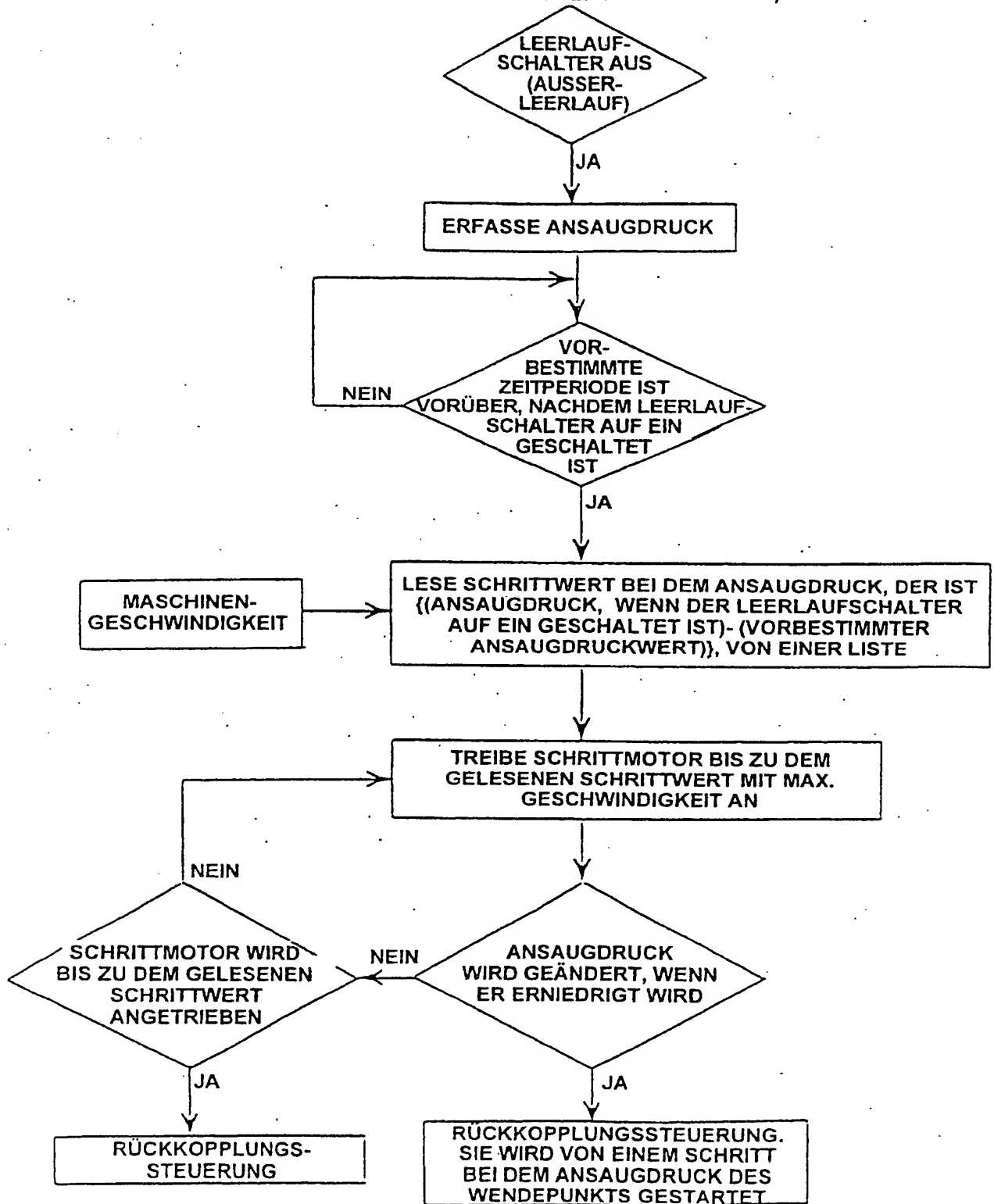
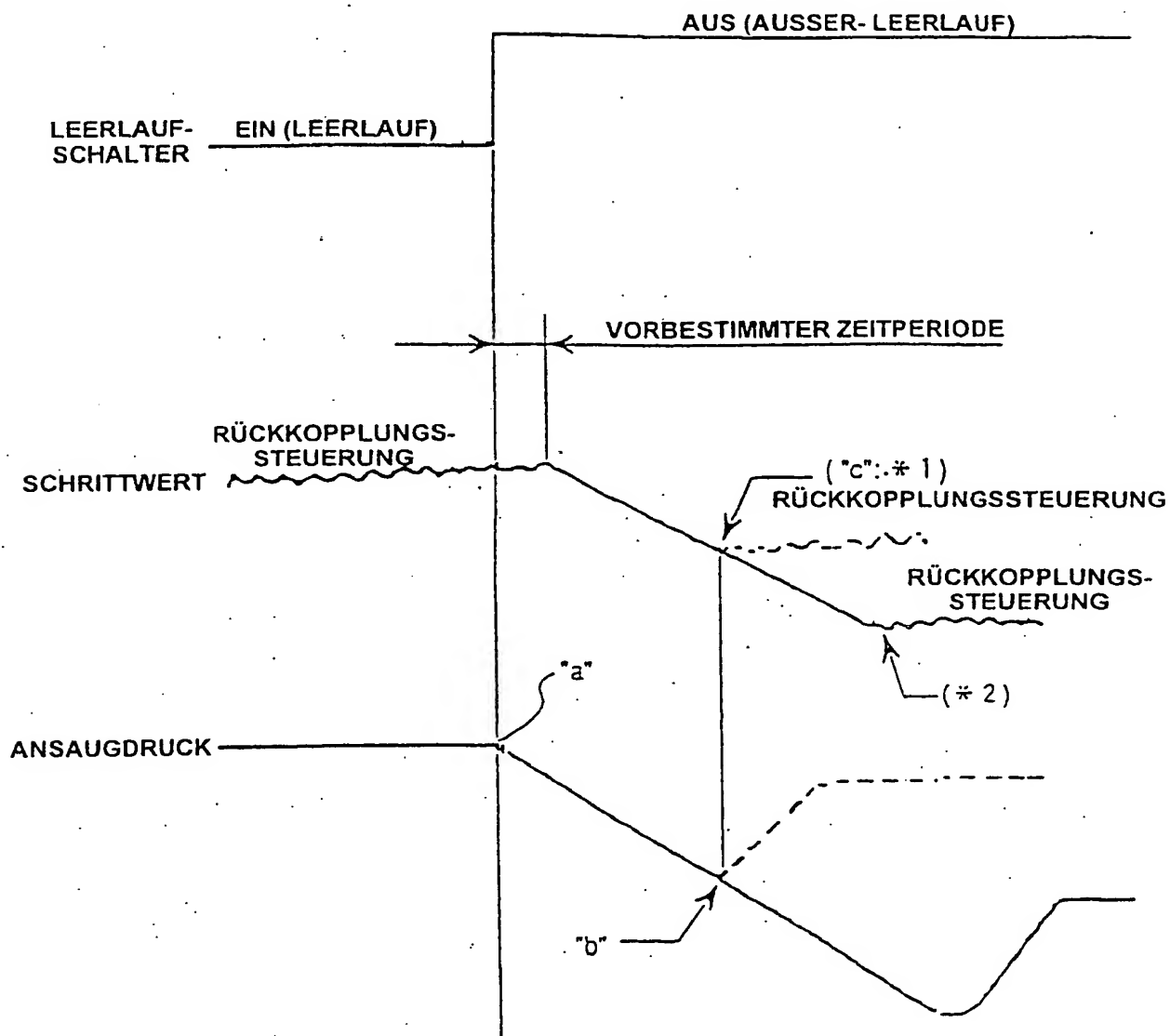
KOMPENSATION DES SCHRITTWERTS, WENN FAHRZEUG GESTARTET WIRD
(START → ERFASST DURCH DEN ANSAUGDRUCK)

Fig. 11

KOMPENSATION DES SCHRITTWERTS, WENN FAHRZEUG GESTARTET WIRD



(* 1) FALLS AUSANGDRUCK GEÄNDERT WIRD, WENN ER BEI "b" ERNIEDRIGT WIRD, WIRD RÜCKKOPPLUNGS-STEUERUNG VON DEM SCHRITTWERT "c" GESTARTET

(* 2) SCHRITTWERT BEI ANSAUGDRUCK, DER IST ((ANSAUGDRUCK BEI "a")-(VORBESTIMMTER ANSAUGDRUCKWERT))

Fig. 12

04.08.99

93 109 883.4

15/34

BEI MASCHINENSTART (OHNE EINE LISTE FÜR JEDEN MASCHINENLAUFZUSTAND)

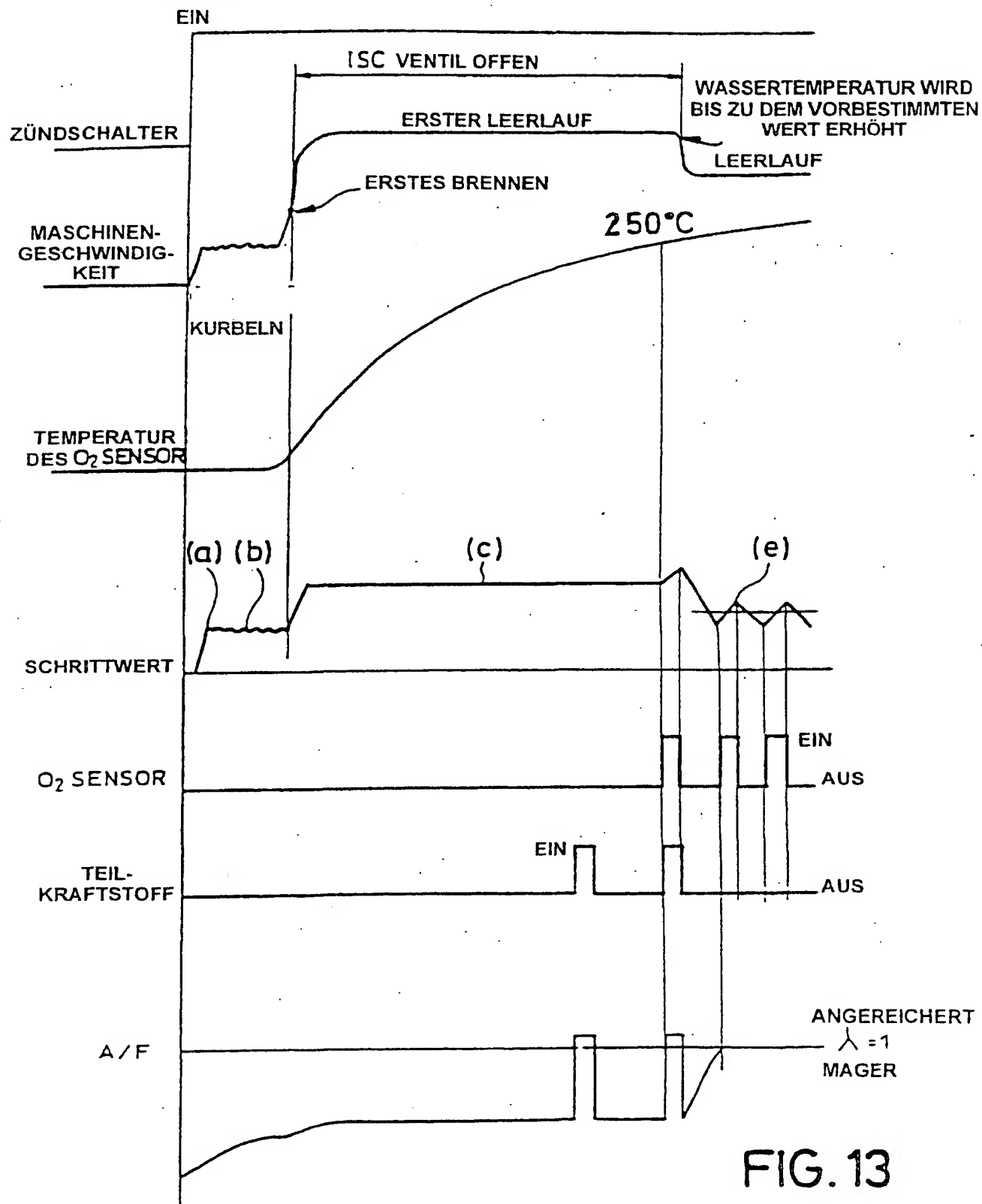


FIG. 13

BEI MASCHINENSTART (MIT EINER LISTE FÜR JEDEN MASCHINENLAUFZUSTAND)

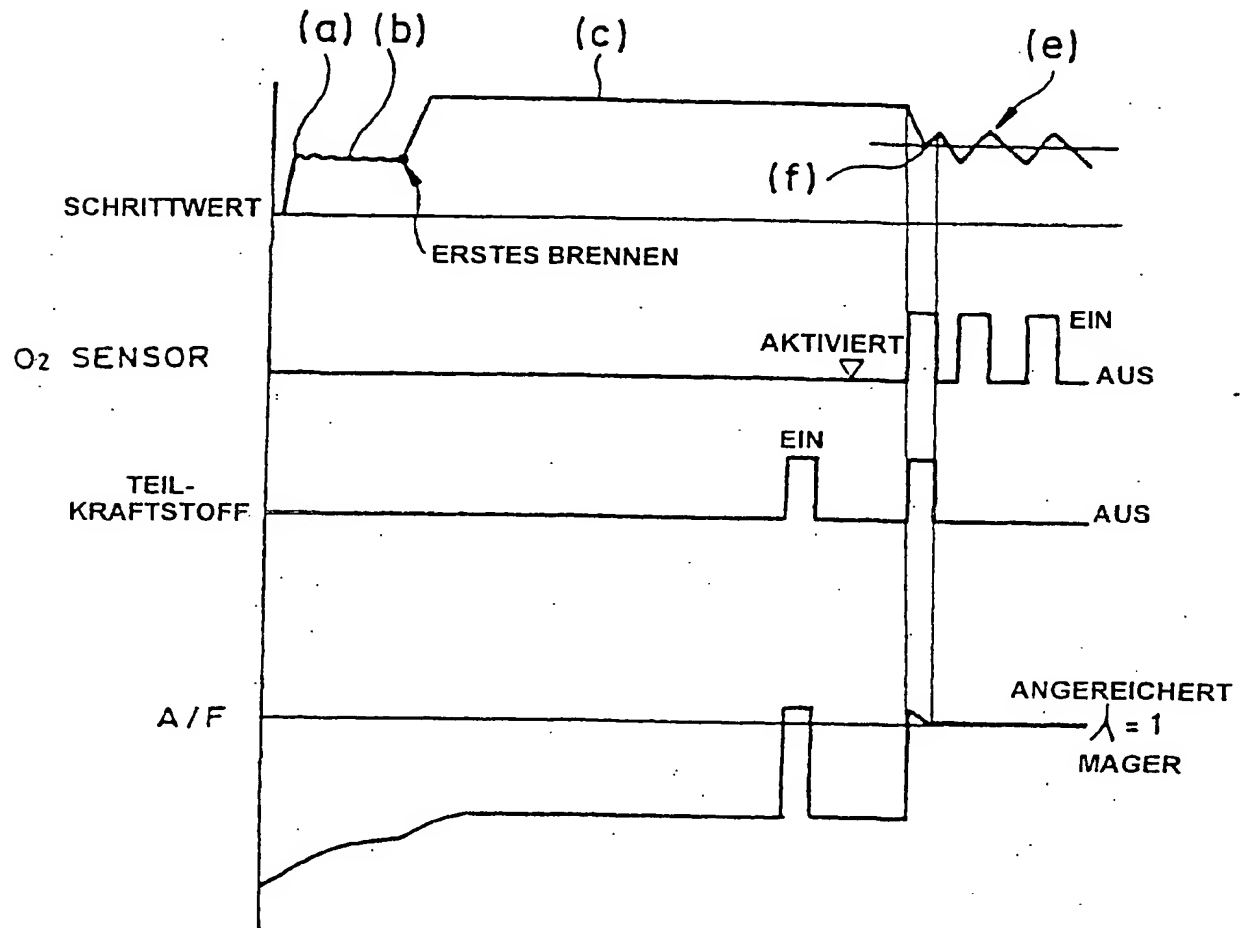


FIG.14

93 109 883.4

17/34

RÜCKKOPPLUNGSWERT (MASCHINENSTART-ERFASST DURCH LEERLAUFSCHALTER)

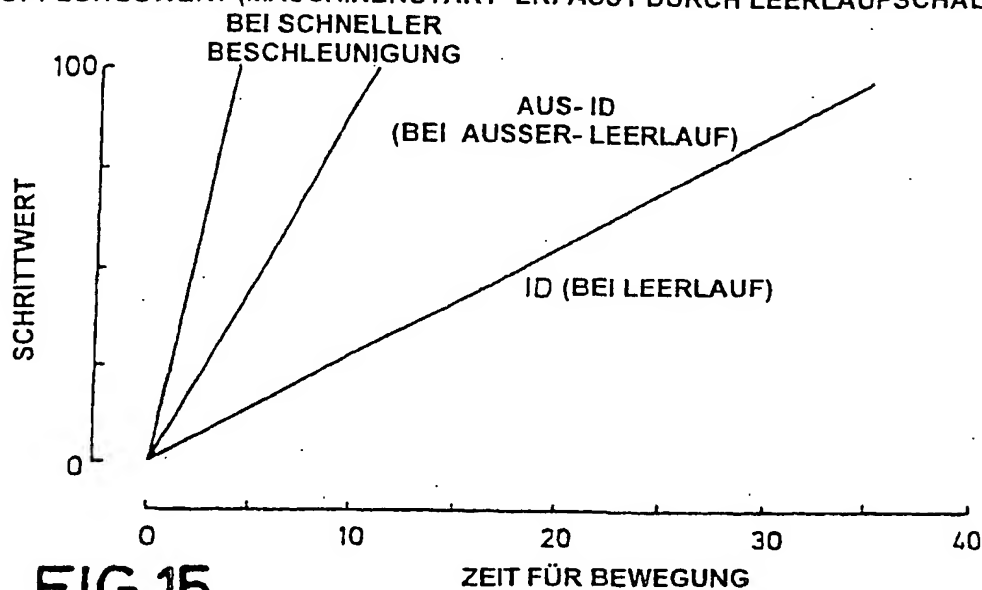
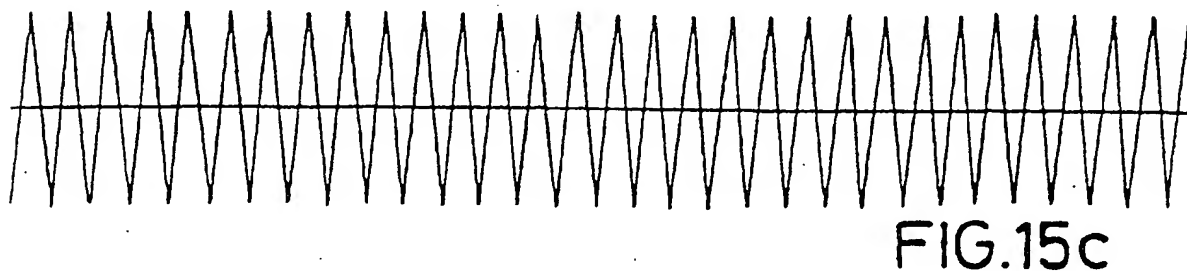
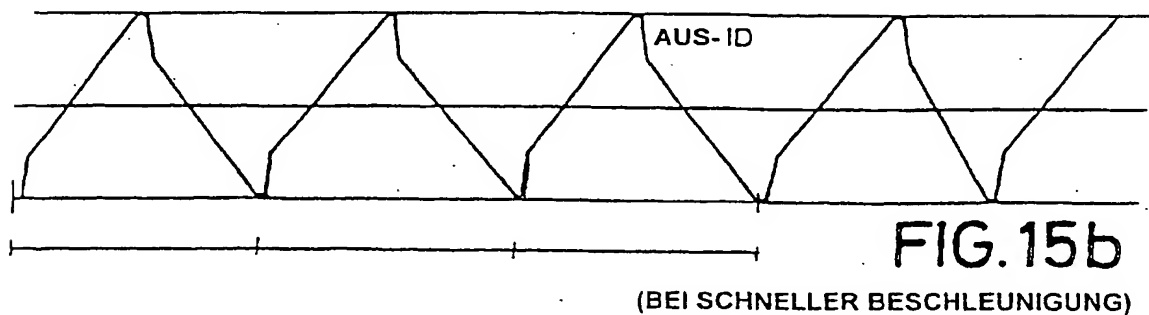
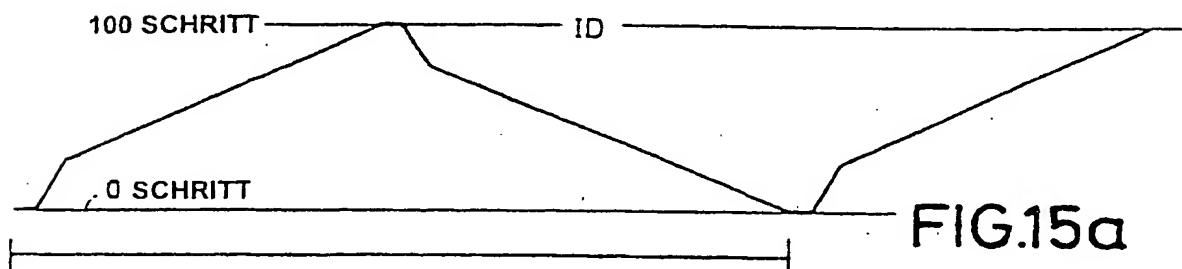


FIG.15



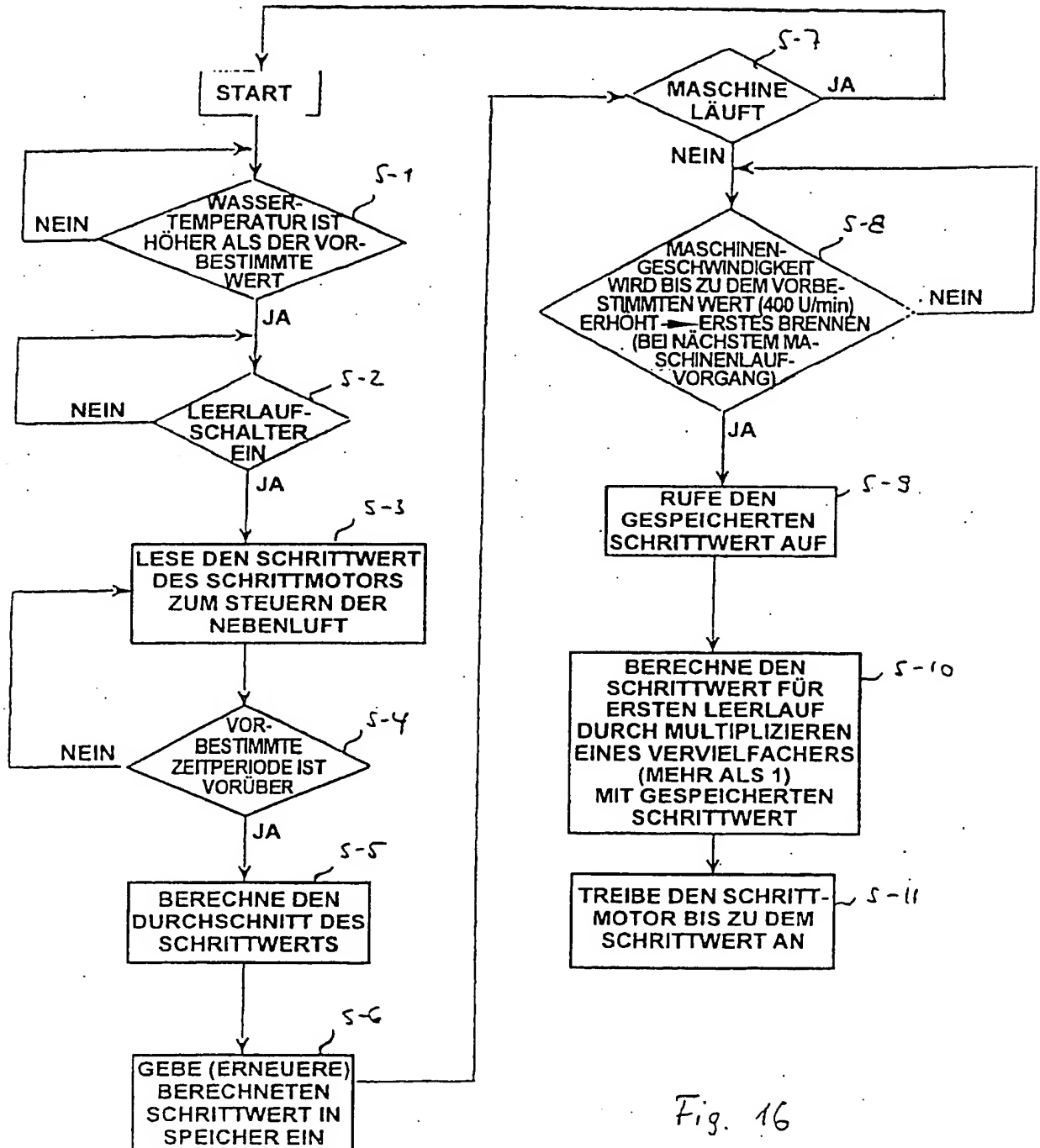


Fig. 16

LISTE FÜR SCHRITTWERT BEI KURBEL-PERIODE

ANSAUGDRUCK (min Hg)	-300	-	40	40	40	40	40	40	40	40
	-250	-	35	40	40	40	40	40	40	40
	-200	-	25	35	35	35	35	35	35	35
	-150	-	20	25	30	30	30	30	30	30
	-100	-	15	20	25	25	30	30	30	30
	-50	-	15	20	20	20	25	25	25	25
	0	15	15	20	20	20	20	20	20	20
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	

MASCHINENGESCHWINDIGKEIT (U/min)

FIG.17

KOMPENSATION DES SCHRITTWERTS BASIEREND AUF KÜHLWASSER-TEMPERATUR

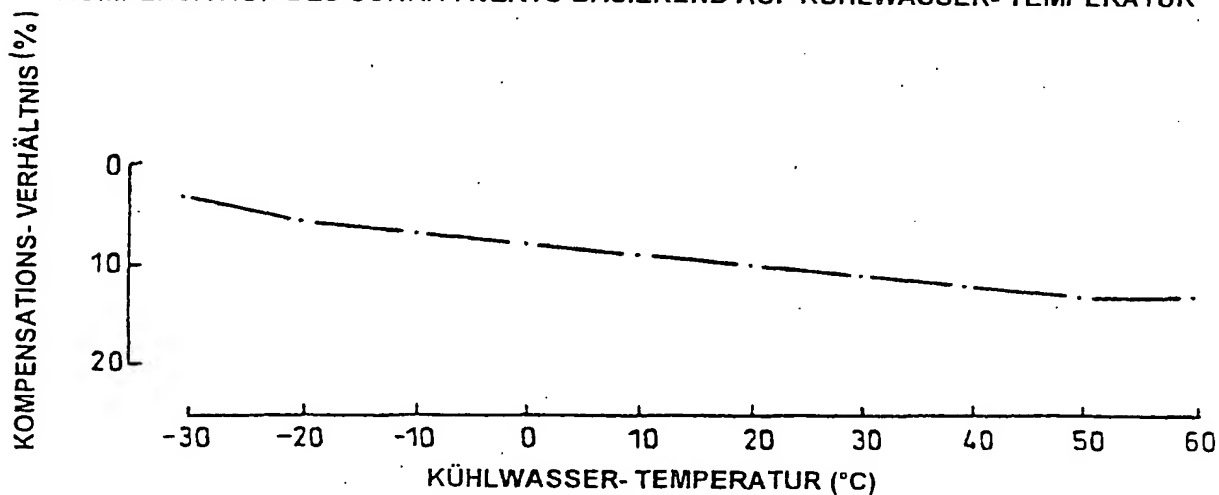


FIG.18

04.08.99

93 109 883.4

20/34

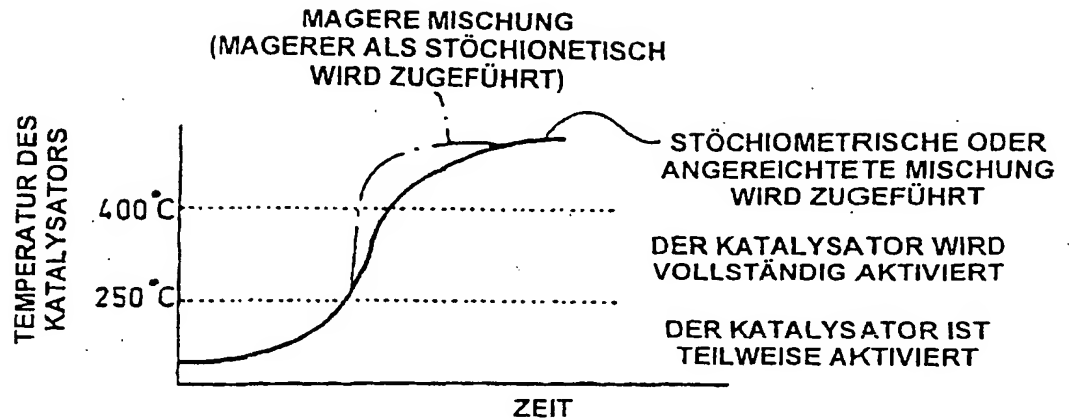


FIG.19

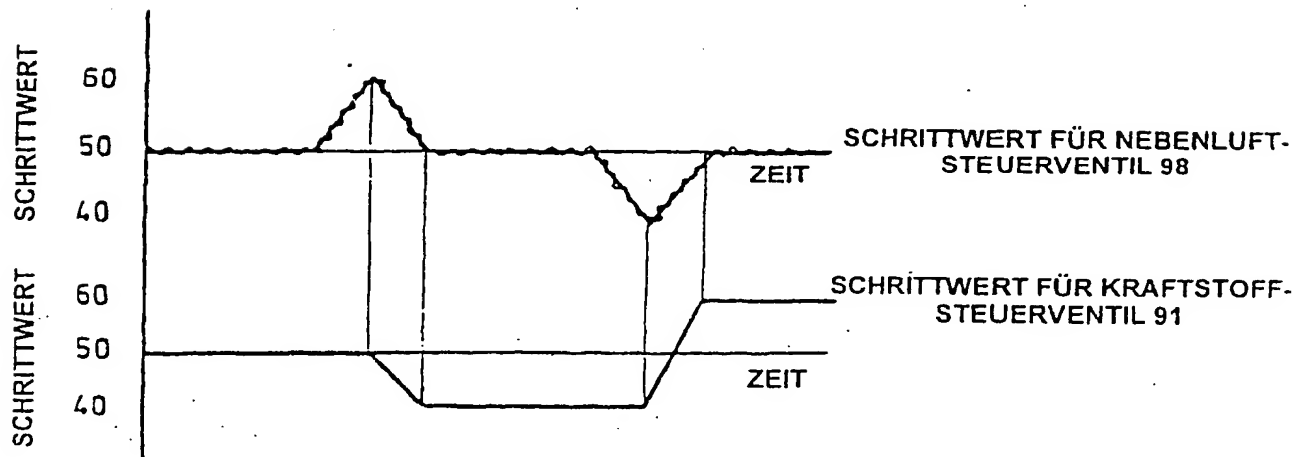


FIG.20

04.08.99

93 109 883.4

21/34

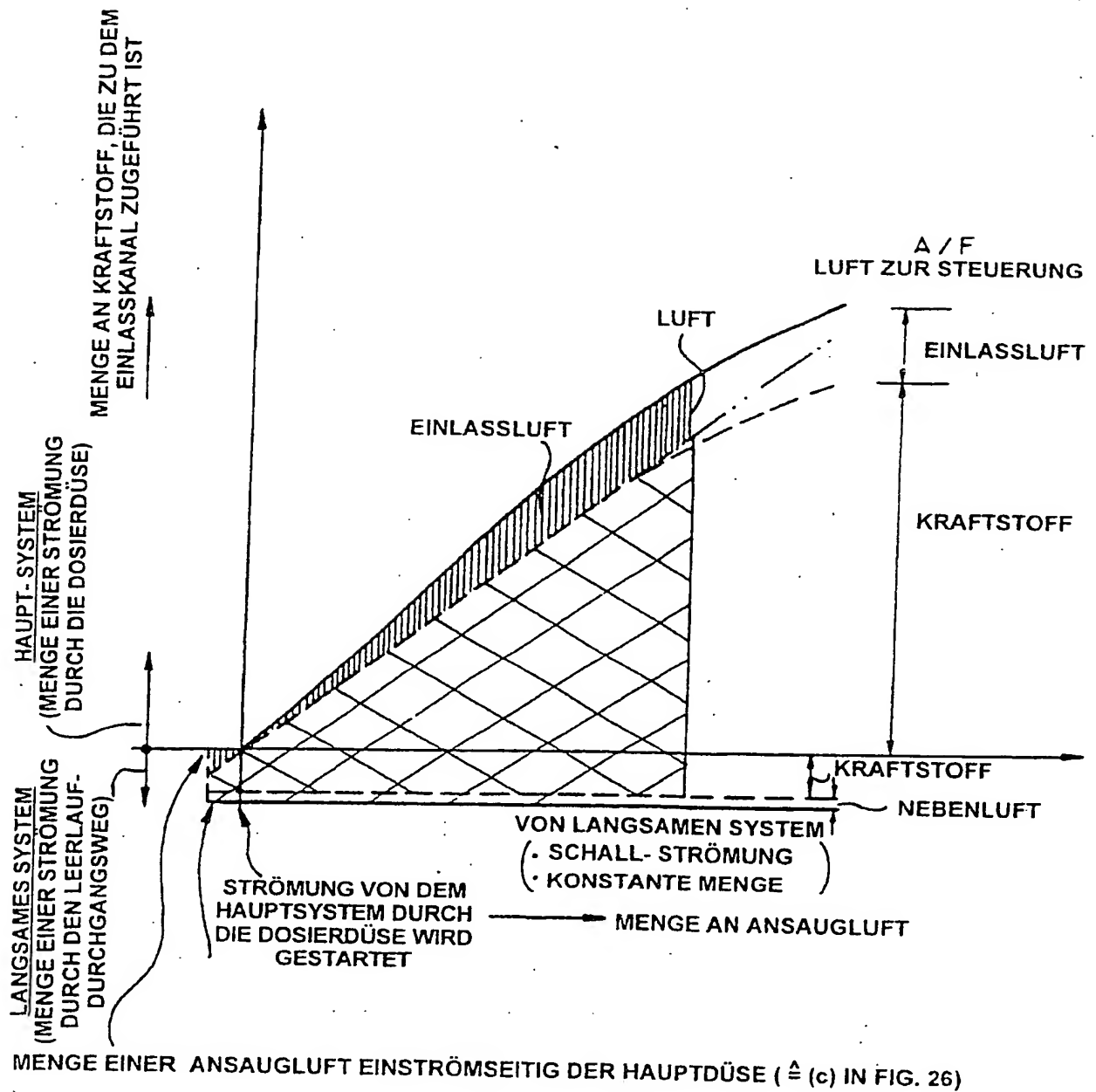


FIG. 21

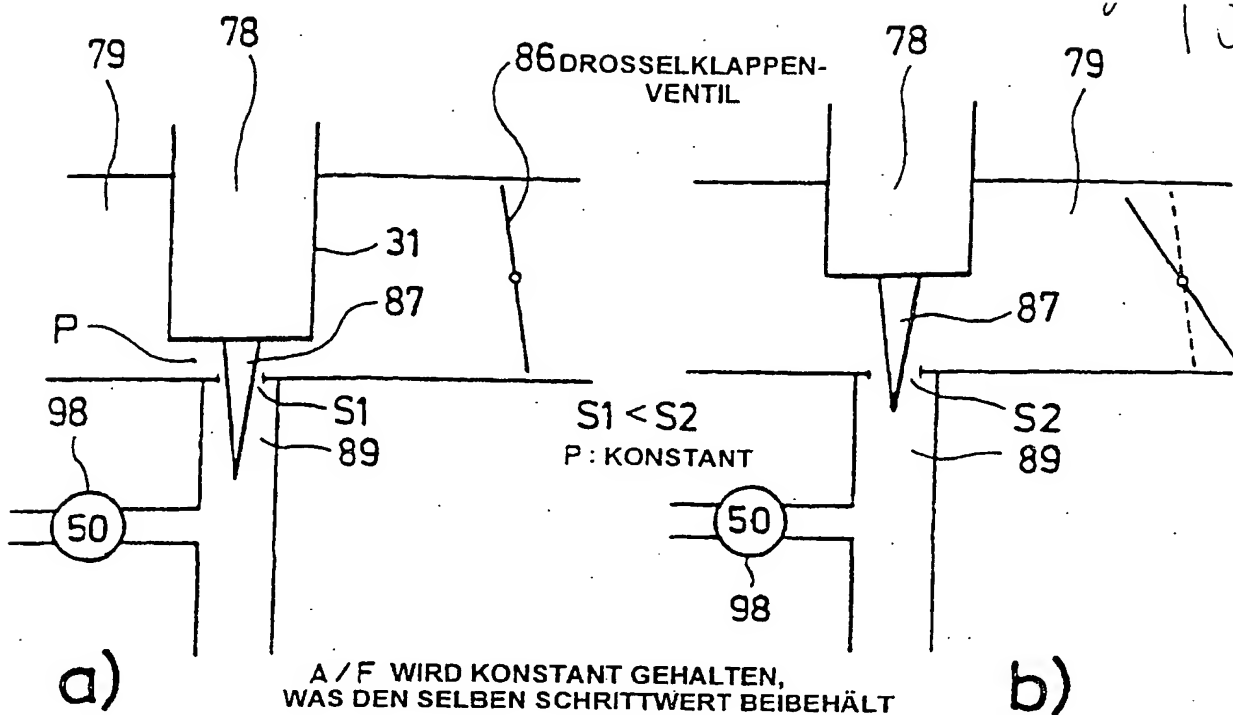


FIG. 22

MIT KONSTANTER NEBENLUFT

OHNE KONSTANTE NEBENLUFT

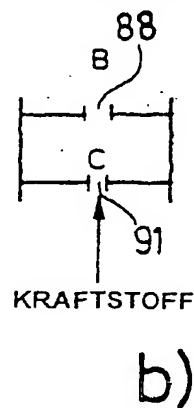
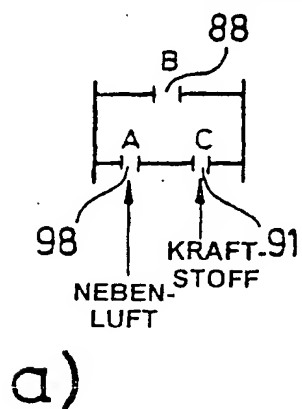


FIG. 23

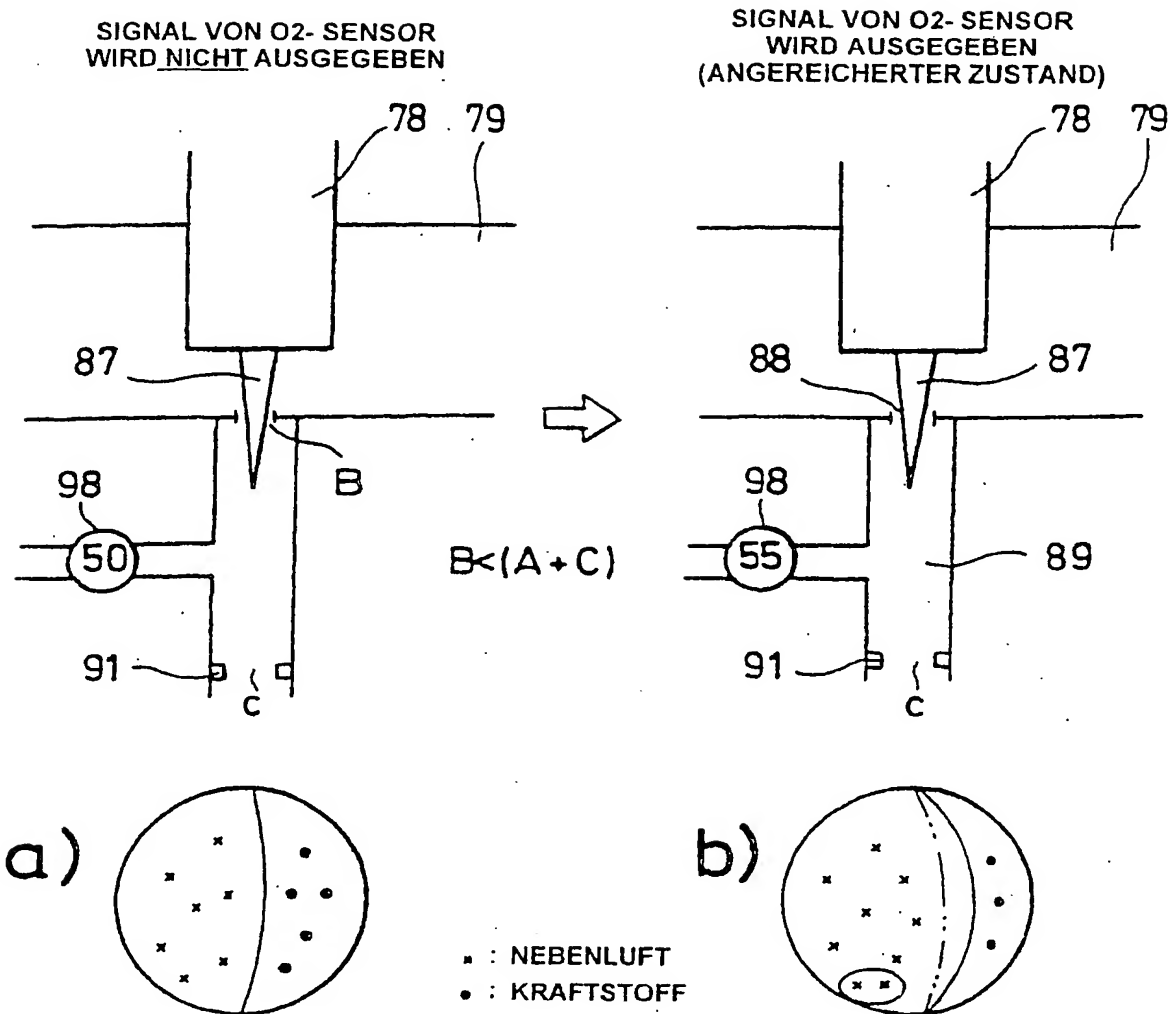


FIG.24

① LEERLAUF- ZUSTAND

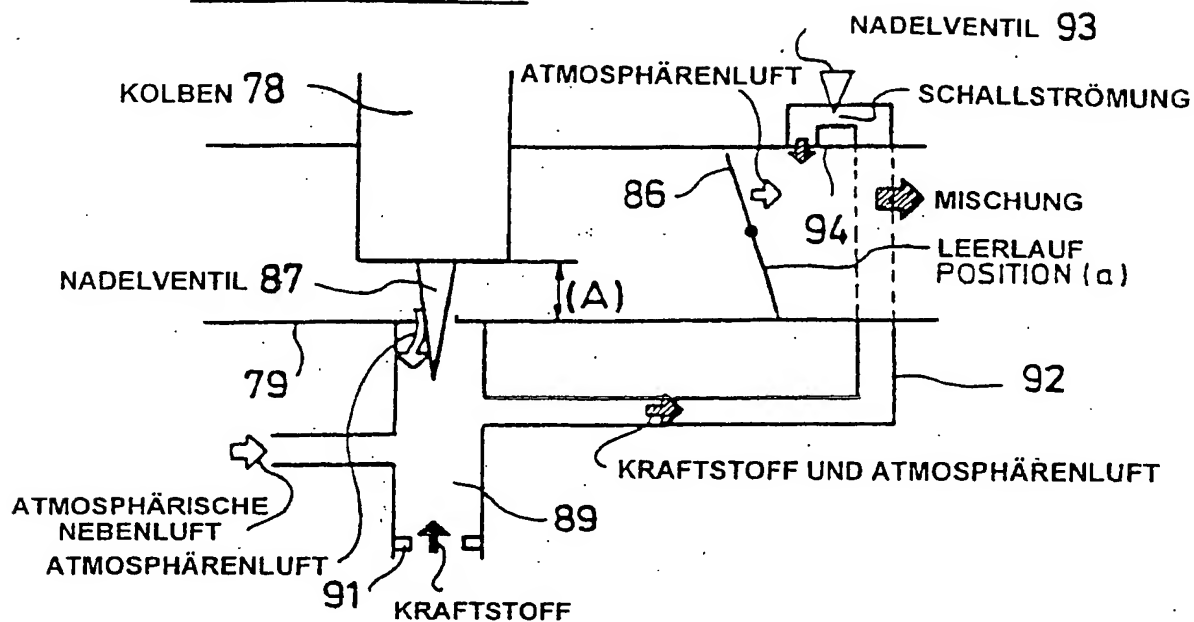


FIG. 25

② DAS DROSSELKLAPPENVENTIL IST LEICHT GEÖFFNET

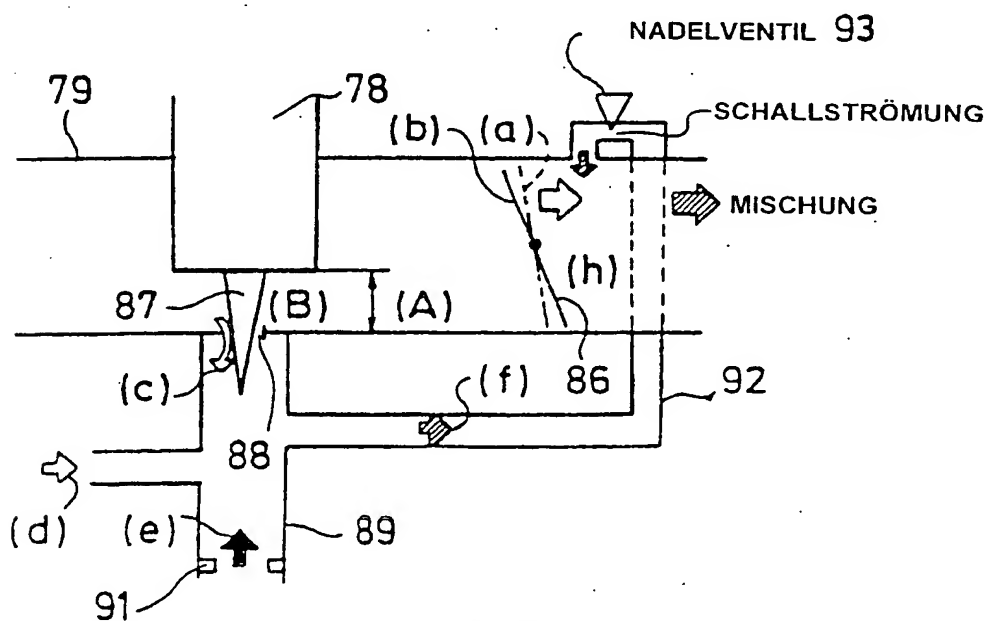


FIG. 26

BEST AVAILABLE COPY

③ DAS DROSSELKLAPPENVENTIL WIRD WEIT GEÖFFNET

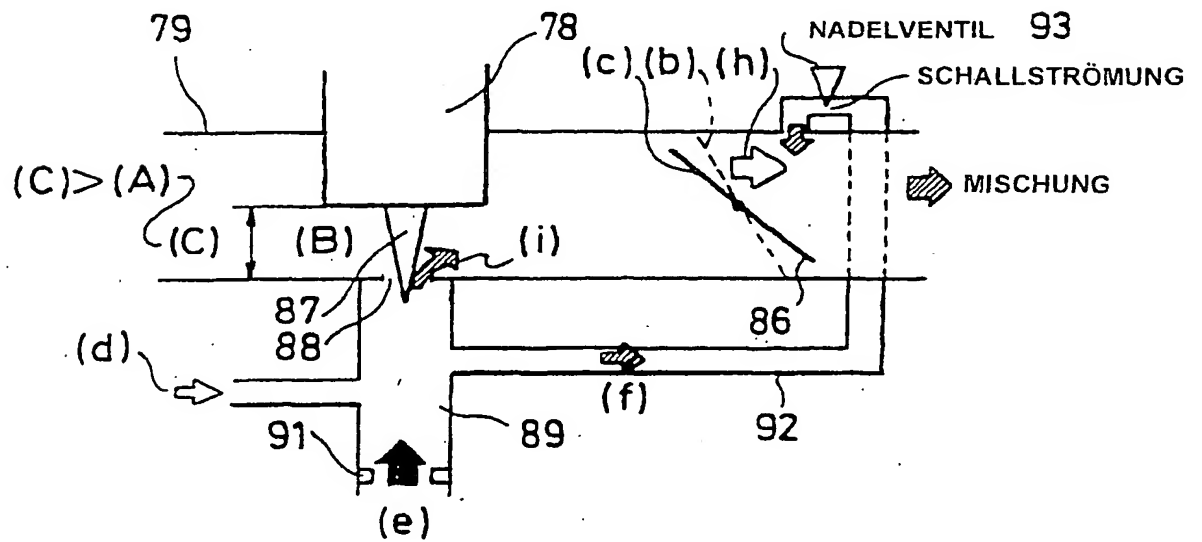


FIG.27

04.08.99

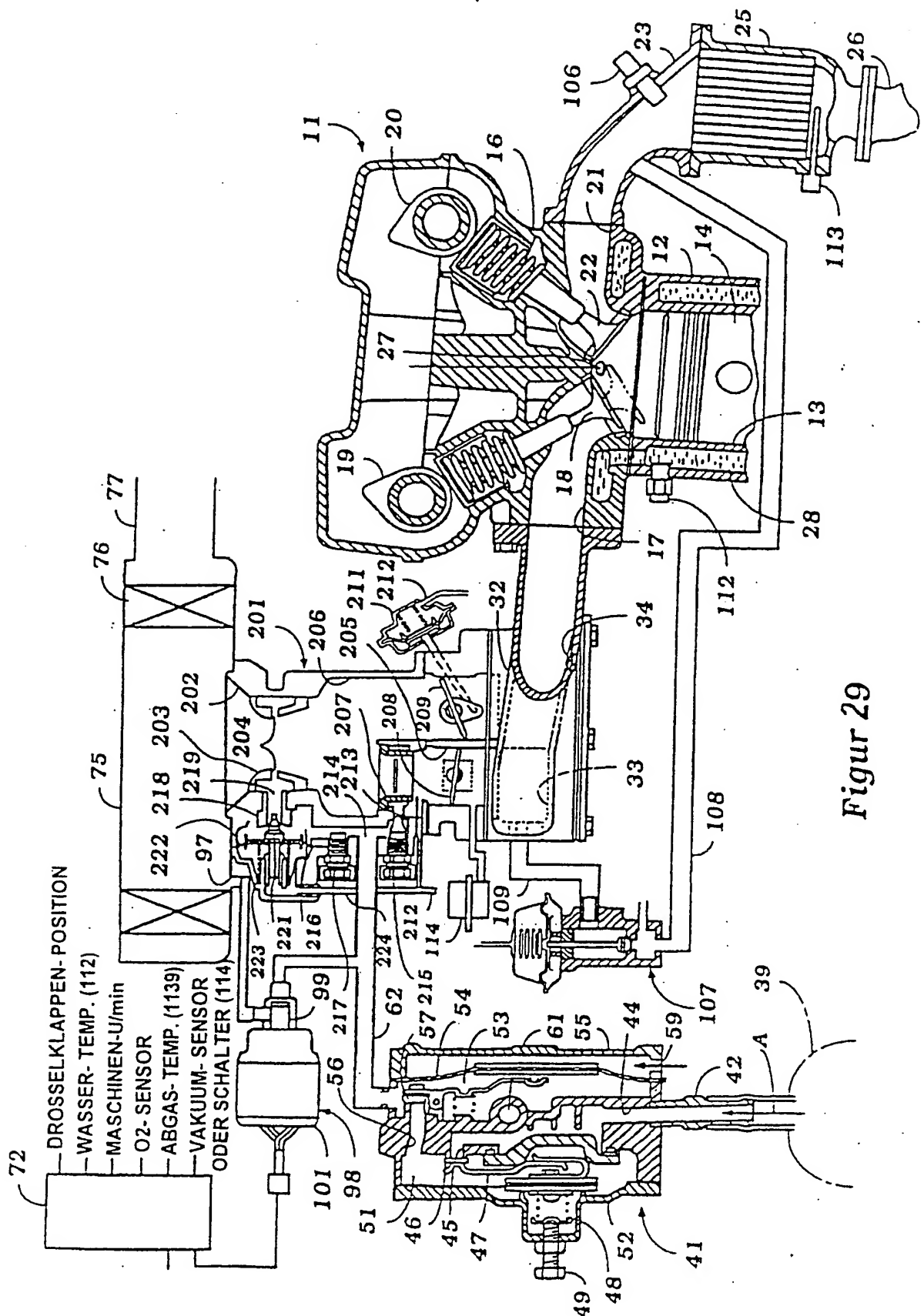
	IN EINER PERIODE, IN DER DIE ABGASTEMPERATUR HÖHER ALS EIN VORBESTIMMTER WERT (※1) IST	IN EINER PERIODE, IN DER DIE ABGASTEMPERATUR NIEDRIGER ALS EIN VORBESTIMMTER WERT IST	
		HEISS- START (※2)	KALT- START
(ERFINDUNG) MIT TEIL- KRAFTSTOFF 1) TEIL- KRAFTSTOFF WIRD EINGESPRITZT, WENN ABGAS- TEMPERATUR NIEDRIGER ALS DER VORBESTIMMTER WERT IST 2) WENN ABGAS- TEMP. HÖHER ALS DER VORBESTIMMTER WERT IST, WIRD EINE RÜCK- KOPPLUNGSSTEUERUNG GESTARTET, OHNE EINSPRITZEN VON TEIL- KRAFTSTOFF	○	○	X
OHNE TEIL- KRAFTSTOFF (※3)	○	○	X (※4)
<u>OHNE TEIL- KRAFTSTOFF</u> (RÜCKKOPPLUNGS- STEUERUNG WIRD GESTARTET, WENN ABGAS- TEMP. HÖHER ALS DER VORBESTIMMTE WERT WIRD)	○	○	X

○: RÜCKKOPPLUNGSSTEUERUNG IST VERFÜGBAR

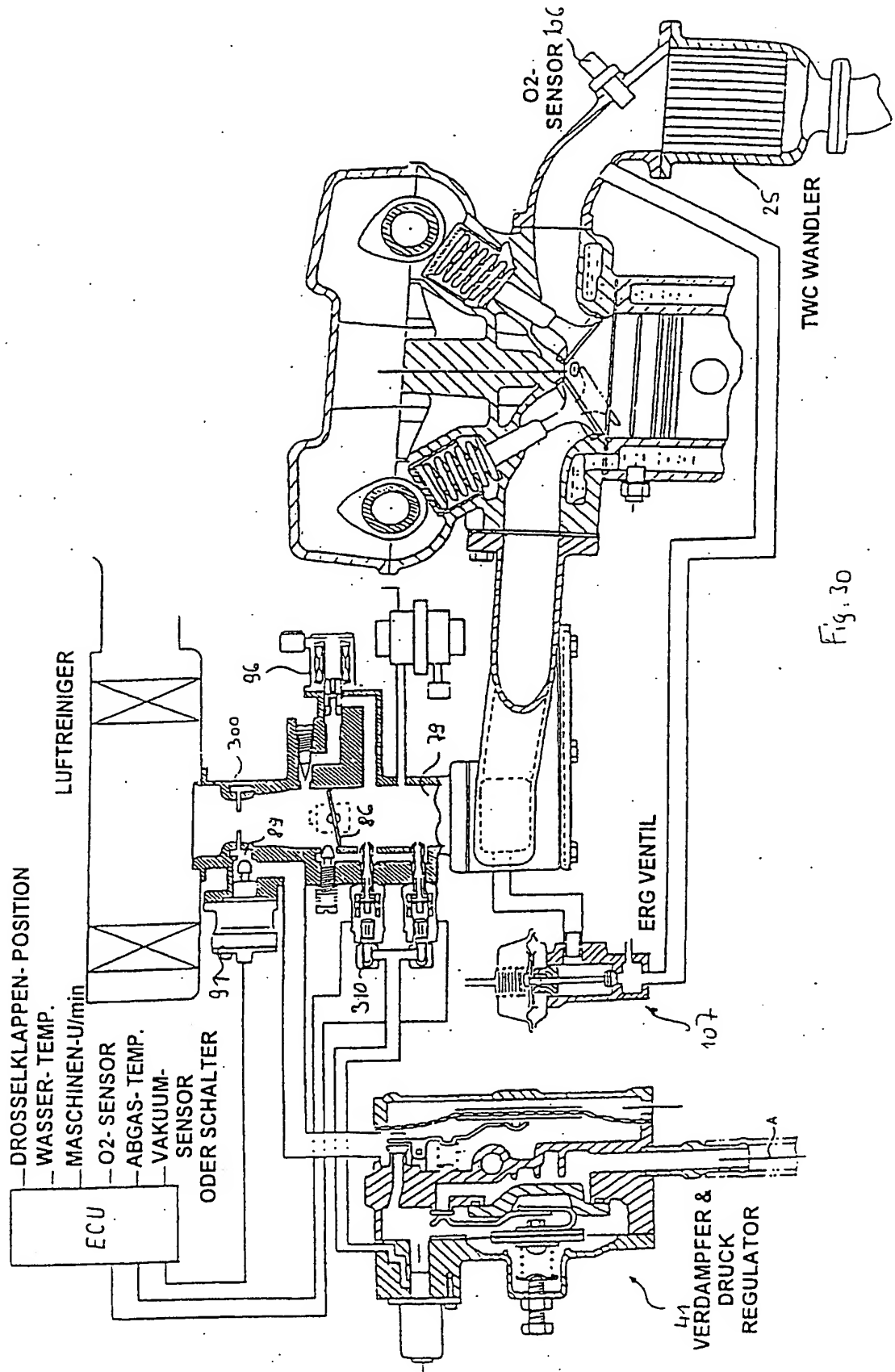
X: RÜCKKOPPLUNGSSTEUERUNG IST NICHT VERFÜGBAR

VORBESTIMMTER WERT → ER ENTSPRICHT DER TEMPERATUR, BEI DER DER
※1: SAUERSTOFF- SENSOR, ZU MINDEST TEILWEISE AKTIVIERT IST※2: HEISS- START → DIE MASCHINE WIRD GESTARTET, WENN DIE MASCHINE
NOCH WARM (HEISS) IST※3: DIES ZEIGT EINE AUSFÜHRUNGSFORM, BEI DER KRAFTSTOFF AUTOMATISCH HINZUGEFGÜGT
WIRD, WENN DER SAUERSTOFF- SENSOR BEIM ANSAUG- SIGNAL AUSGIBT. DIE MENGE AN
KRAFTSTOFF WIRD NÄMLICH BASIEREND AUF EINEM SIGNAL VON DEM SAUERSTOFF-
SENSOR BEI IRGEND EINER ABGAS- TEMPERATUR GESTEUERT※4 MISCHUNG WIRD ZU ANGEREICHERT UND DIE MASCHINE KANN STEHEN BLEIBEN
(GROSSER NACHTEIL)

Fig. 28



Figur 29



04.08.99

93 109 883.4

29/34

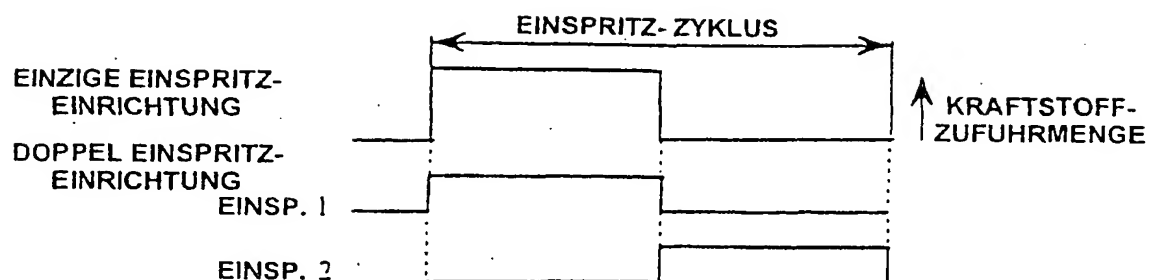


Fig. 30 A

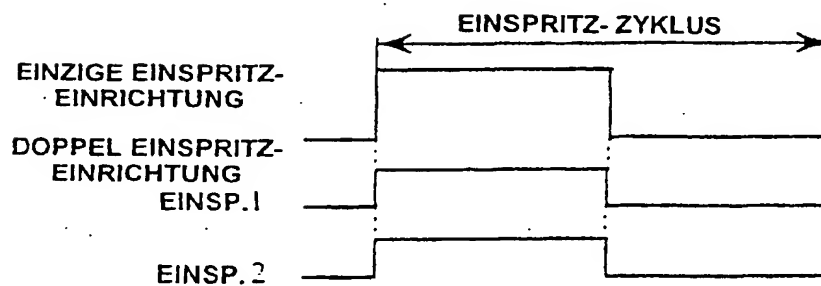


Fig. 30 B

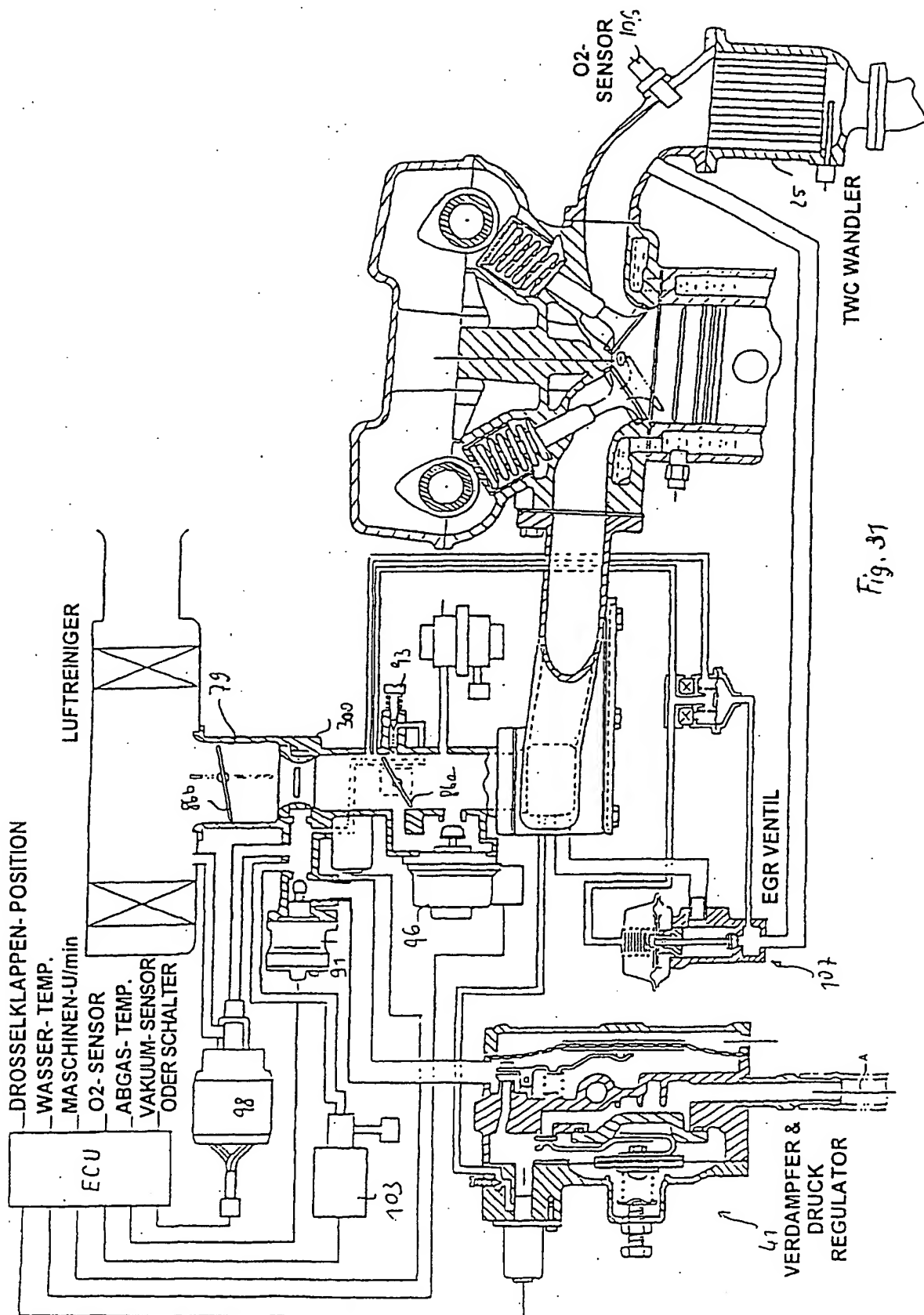


Fig. 31

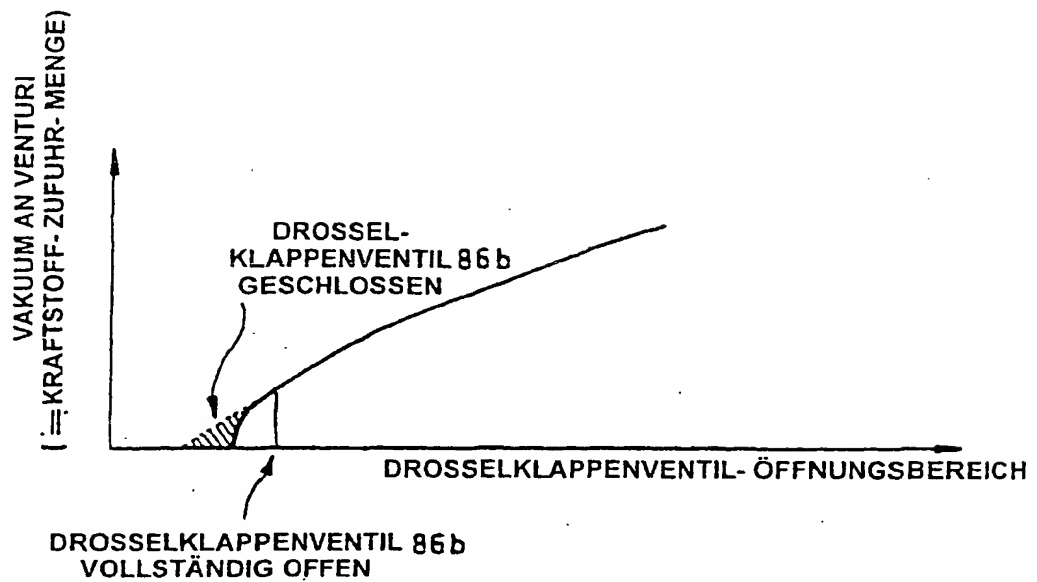


FIG.31a

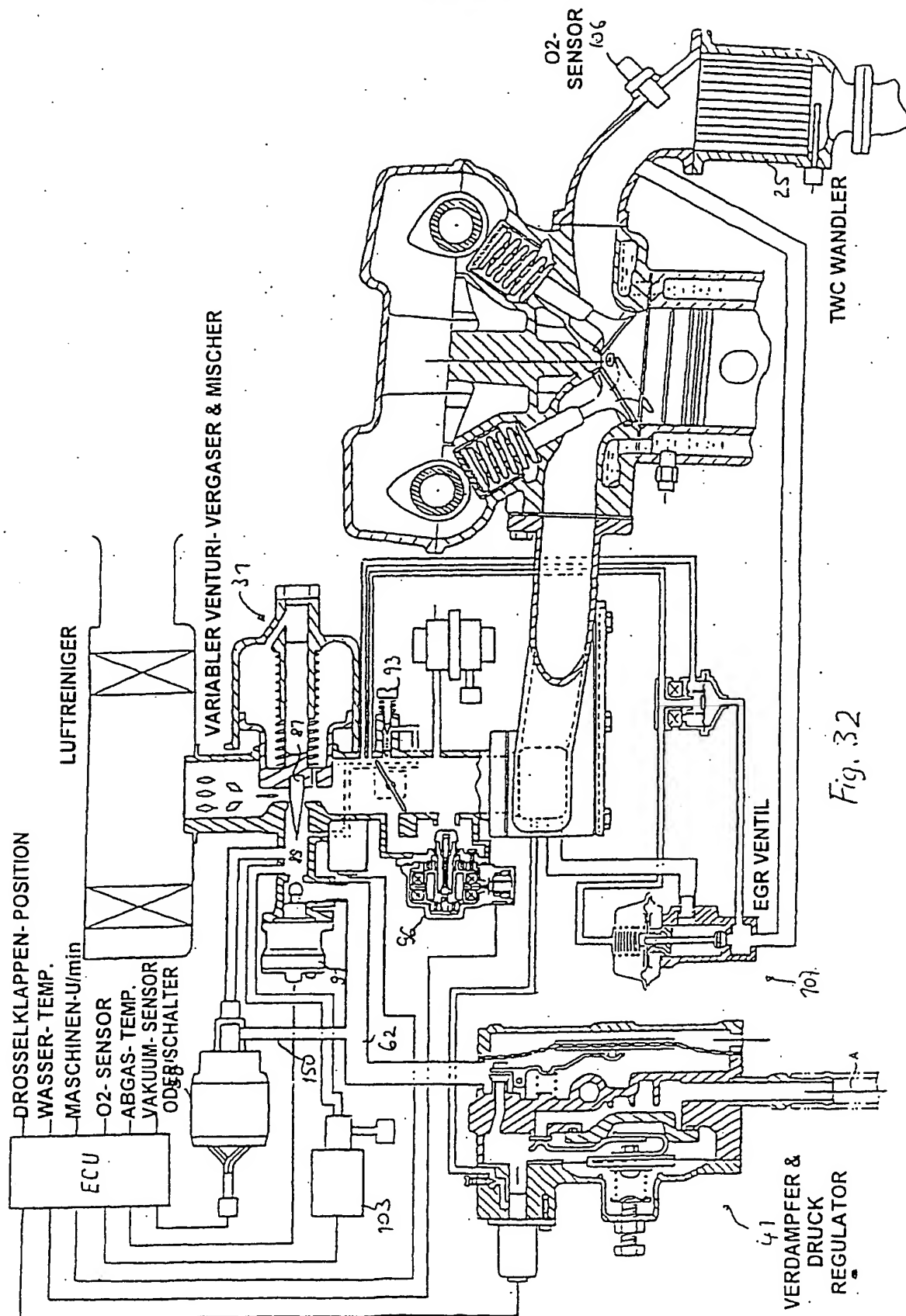


Fig. 32

